

Saara Aho, Timo Saarenketo ja Pauli Kolisoja

Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen

Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito -tutkimusohjelma

Tiehallinnon selvityksiä 64/2005



Saara Aho, Timo Saarenketo ja Pauli Kolisoja

Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen

Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito -tutkimusohjelma

Tiehallinnon selvityksiä 64/2005

Tiehallinto

Helsinki 2005

Kansikuvat: S. Aho ja S. Kohonen

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-640-3
TIEH 3200978

Verkkojulkaisu pdf ((www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISSN 1459-1553
ISBN 951-803-641-1
TIEH 3200978-v

Oy Edita Prima Ab
Helsinki 2005

Julkaisua myy/saatavana:
asiakaspalvelu.prima@edita.fi
Faksi 020 450 2470
Puhelin 020 450 011



Tiehallinto
Keskushallinto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 22 11

Saara Aho, Timo Saarenketo ja Pauli Kolisoja: Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki 2005. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 64/2005. 54 s. + liitt. 8 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-640-3, TIEH 3200978.

Asiasanat: kelirikkokorjaus, kelirikko, soratie

Aiheluokka: http://172.17.11.25/sinetti/tiehallinto/yhteiset_palvelut/kirjasto/listat/luokitus.txt

TIIVISTELMÄ

Tämä raportti on tarkoitettu tienpitäjää ja urakoitsijaa palvelevaksi käytännön ohjeeksi sorateiden kelirikkokohteiden korjaamiseen. Ohjeen tavoitteena on myös antaa suunnittelijoille ja rakentajille tietoa sorateilla esiintyvien kelirikko-ongelmien korjaamisprosessista, lähtien kelirikkokohteiden järjestelmällisestä tutkimuksesta ja suunnittelusta aina korjausrakenteiden rakentamiseen, korjaustyön laadunvarmistamiseen ja korjattujen sorateiden toimivuuden seurantaan asti.

Kelirikkokohteita tarkasteltaessa ja vaurioiden syitä etsittäessä voidaan kelirikkovaurioiden todeta sijaitsevan kohteilla, joissa tien pohjamaa- ja topografiaolosuhteissa on eroteltavissa tiettyjä, samalla tavalla toistuvia piirteitä. Luvussa 2 kelirikkokohteet on eroteltu näiden piirteiden perusteella vaurioluokkiin, joita suositellaan käytettävän kohteiden korjaussuunnittelun perustana.

Luvussa 3 esitellään kelirikkokorjauksien yhteydessä yleisimmin käytettäviä korjausmenetelmiä sekä niiden soveltuvuutta eri vaurioluokan mukaisen kelirikon korjaamiseen. Liitteessä 2 korjausmenetelmistä esitetään rakennekortit, joita esimerkiksi tilaaja voi sellaisenaan käyttää tarjouspyyntöasiakirjojen liitteenä.

Luvussa 4 kelirikkokorjaukset sekä niiden suunnittelu kuvataan 2-4 vuotta kestäväksi itseään parantavaksi prosessiksi, joka ei pääty vielä korjausrakenteen toteuttamiseen ja laadun varmistamiseen. Näiden lisäksi tulee korjattujen sorateiden toimivuutta seurata suunnitelmallisesti ja mahdollisesti syntyvät uudet vauriokohdat analysoida ja korjata. Korjatuilta sorateilta kerätyn tutkimusaineiston ja seurantatiedon määrän kasvaessa saadaan kokemusta kelirikon ennustettavuudesta, jolloin tulevaisuudessa saadaan korjaamisprosessin vaatimaa aikaa lyhennettyä. Järjestelmällisellä seurannalla saadaan myös arvokasta tietoa eri korjausmenetelmien kestoästä ja soveltuvuudesta eri vaurioluokkaan kuuluvan kelirikon korjaamiseen.

Luvussa 5 ja liitteessä 1 esitetään vähäliikenteisille sorateille soveltuvia tutkimusmenetelmiä sekä toimintamalli kelirikkoisen soratien tutkimiseksi ja korjaussuunnitelman laatimiseksi. Kelirikkokohteet jaetaan tutkimusaineiston integroidun analyysin perusteella vaurioluokkiin, joille määritetään liitteen 3 mukaisesti riittävä korjausmenetelmä.

Luvussa 6 esitellään kelirikkokorjausten toteutuksessa käytettäviä hyvän korjaustavan mukaisia työmenetelmiä. Korjausten rakentamisen jälkeen urakoitsija voidaan velvoittaa osoittamaan korjaustyönsä laatu luvussa 7 esitetyllä tavalla sekä käytettyjen materiaalien, toteutuneiden kerrospaksuuksien että korjausrakenteiden suunnitelmanmukaisen sijainnin osalta. Lopuksi luvussa 8 on lyhyesti tarkasteltu kelirikkokorjausten teettämisen mahdollisuuksia.

Saara Aho, Timo Saarenketo och Pauli Kolisoja: Design och Rehabilitering av Vägavsnitt Försvagade av Tjällossning. Helsinki 2005. Vägförvaltningen. Vägförvaltningens utredningar 64/2005. 54 s. + bilagor 8 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-640-3, TIEH 3200978.

Nyckelord: rehabilitering, tjällossning, grusväg

SAMMANFATTNING

Denna rapport är avsedd att användas av väghållare, vägkonstruktörer och entreprenörer som en praktisk handbok för rehabilitering av grusvägsavsnitt som försvagats av tjällossning. Syftet är att ge information beträffande rehabiliteringsprocessen som börjar med en systematisk undersökning och fortsätter med utformning av rehabiliteringsåtgärder. Därefter följer en kvalitetssäkring av arbetet med rehabiliteringen och en bedömning av funktionen hos de rehabiliterade grusvägarna.

Det finns särskilda kännetecken i topografin och i tillståndet hos undergrunden som kan användas för att klassificera de tjällossningsskadade avsnitten och att härleda orsaker till skadorna. Genom användning av dessa kännetecken kan de tjällossningsskadade partierna indelas i skadeklasser som beskrivs i kapitel 2. Det rekommenderas att klassificeringen används som bas för utformning av rehabiliteringsåtgärderna för de tjällossningsskadade avsnitten.

De rehabiliteringsåtgärder som för närvarande används oftast och deras lämplighet för användning i olika skadeklasser beskrivs i kapitel 3. En skiss och en beskrivning av varje rehabiliteringsåtgärd finns också på åtgärds kort i appendix 2. Dessa åtgärds kort kan också användas som en del av den dokumentation som ingår i ett förfrågningsunderlag till en entreprenad.

I kapitel 4 beskrivs utformning och utförande av rehabilitering av grusvägsavsnitt som försvagats av tjällossning som en process omfattande 2-4 år. Processen slutar inte med utförandet och inte heller med kvalitetsverifieringen. Rehabiliteringsprocessen innefattar även en systematisk kontroll av de rehabiliterade vägavsnitten som inkluderar analys och rehabilitering av eventuella nya skador. Ökningen av tillgången på forsknings- och uppföljningsdata kommer att leda till bättre möjligheter att förutsäga de tjällossningsskador som kan uppstå vid upphävande av lastrestriktioner och torde i framtiden även kunna medföra en förkortad rehabiliteringsprocess. Dessutom erhålls värdefull information beträffande rehabiliteringsåtgärders livslängd och deras lämplighet för användning i olika skadeklasser genom systematisk uppföljning av rehabiliterade vägar.

Lämpliga undersökningsmetoder för lågtrafikerade grusvägar beskrivs i kapitel 5. Dessutom finns en arbetsgång för tillståndsundersökning och utformning av åtgärder för grusvägar med tjällossningsskador i kapitel 5 och appendix 1. Vägavsnitt försvagade av tjällossning indelas i skadeklasser beskrivna i kapitel 2 genom integrerad analys av undersökningsdata. Rehabiliteringsåtgärder lämpliga för varje skadeklass bestäms genom användning av den tabell som presenteras i appendix 3.

De metoder som rekommenderas för användning vid rehabilitering av tjällossningsskadade grusvägsavsnitt presenteras i kapitel 6. En entreprenör kan ges skyldighet att verifiera kvaliteten hos rehabiliteringsarbetet såsom beskrivs i kapitel 7. Verifieringen bör inte bara innefatta kvalitetssäkringen av använda material utan också inkludera kvalitetssäkring av utförda lagertjocklekar och den exakta positionen av rehabiliteringsåtgärden.

Saara AHO, Timo SAARENKETO and Pauli KOLISOJA: Design and Rehabilitation of Spring Thaw Weakened Road Sections. Helsinki 2005.
Finnish Road Administration. Finnra Reports 64/2005. 54 p. + app. 8 p. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-640-3, TIEH 3200978.

Keywords: rehabilitation, spring thaw weakening, gravel road

SUMMARY

This report is intended to be used as a road owners', design engineers' and contractors' practical guide to rehabilitation of spring thaw weakened gravel road sections. The goal is to provide information concerning the rehabilitation process which begins with a systematic investigation and continues with the execution of the rehabilitation design and is then followed by quality assurance of the rehabilitation work and an assessment of the functionality of the rehabilitated gravel roads.

There are certain features that can be found in the topographical and sub-grade conditions that can be used in classification of the spring thaw damage sections and discovering the causes of the damage. By using these features the spring thaw weakened sections can be divided into the damage classes described in chapter 2. It is recommended that the classification be used as a basis for the rehabilitation design of the spring thaw weakened sections.

The rehabilitation structures that, currently, are being used most frequently and their suitability for different damage classes are described in chapter 3. The sketch and repair method for each rehabilitation structure is also provided on structure cards which can be found in appendix 2. These structure cards can, for example, be used as a part of the documentation provided in an invitation for tenders.

In chapter 4, the rehabilitation and design of the spring thaw weakened road sections is described as process lasting 2-4 years which does not end after executing the rehabilitation structure nor even after their quality assurance. In addition, the rehabilitation process should be continued with systematic control of rehabilitated roads that includes analysis and rehabilitation of any new damage. The increase in the amount of the research and follow-up data of rehabilitated roads will lead to better predictability of the spring thaw damage that appears due to the removal of load restrictions and thus, in the future, to the shortening of the rehabilitation process. Furthermore, valuable information regarding a rehabilitation structure's service life and its suitability for different damage classes can also be obtained through systematic control of the rehabilitated roads.

The methods, suitable research for low volume gravel roads, are described in chapter 5. In addition, the operations model for the survey and rehabilitation design of gravel roads suffering from spring thaw damage are provided in chapter 5 and appendix 1. Spring thaw weakened road sections are divided into the damage classes, described in chapter 2, through the integrated analysis of the research data. A rehabilitation structure suitable for each damage class is determined by using the table presented in appendix 3.

The methods recommended for use in the rehabilitation of spring thaw damaged gravel road sections are presented in chapter 6. A contractor can be given the obligation of proving the quality of the rehabilitation work as described in chapter 7. This should also include the measurement of the correct location of the rehabilitation structures.

ESIPUHE

Tiehallinnossa käynnistettiin loppuvuonna 2002 "Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito" -tutkimusohjelma (S14). Tutkimusohjelman tavoitteena on löytää tehokkaita sekä nykyistä edullisempia ja ympäristön kannalta kestäviä ratkaisuja vähäliikenteisten teiden ylläpitoon ja sen yksittäisiin keskeisiin kysymyksiin. Tarpeen mukaan tutkimusohjelman pohjalta laaditaan myös ohjeita ja suosituksia käytännön töiden toteuttamiseen ja menettelytapojen kehittämiseen.

Tämä raportti on S14 -tutkimusohjelman osaprojektin 2.3 loppuraportti. Työn tavoitteena on ollut laatia kelirikkokohteiden korjaamisesta tienpitäjää palveleva käytännön ohje, joka tarjoaa tietoa hyvästä kelirikkokorjausten toteutustavasta myös korjausten suunnittelijoille ja rakentajille.

Työtä on tehty yhteistyössä "Väyläomaisuuden hallinta" (VOH) -tutkimusohjelman osaprojektin "Runkokelirikkokorjausten ohjelmointi" kanssa. Molempia töitä on ohjannut Tiehallinnon nimeämä ohjausryhmä, johon ovat kuuluneet:

Mikko Inkala	Tiehallinto / Keskushallinto
Ari Kilponen	Tiehallinto / Lapin tiepiiri
Jaana Pyöriä	Tiehallinto / Hämeen tiepiiri
Asko Pöyhönen	Tiehallinto / Savo-Karjalan tiepiiri
Aarno Valkeisenmäki	Tieliikelaitos

Tämän raportin laatineeseen työryhmään ovat kuuluneet Saara Aho (Roadscanners Oy), Timo Saarenketo (Roadscanners Oy) ja Pauli Kolisoja (TTY). Lisäksi raportin sisältämien kuvien tekemiseen on osallistunut Jaakko Saarenketo (Roadscanners Oy).

Tampere ja Rovaniemi, marraskuu 2005.

Tiehallinto
Keskushallinto

Sisältö

ESIPUHE	7
1 JOHDANTO	11
2 KELIRIKKO – TYYPPIKOhteet	12
2.1 Kelirikon synty ja kelirikkoon vaikuttavat tekijät	12
2.2 Kelirikkokohteiden vaurioluokitus	14
2.2.1 Yleistä	14
2.2.2 Pohjamaan maalajiarvio ja tien topografia	14
2.2.3 Kelirikon vakavuus ja toistuvuus	18
2.2.4 Yhteenvedo vaurioluokituksesta	19
3 KORJAUSMENETELMÄT - TYYPPIRAKENTEET	20
3.1 Toimenpiteet, rakenteet ja materiaalit	20
3.2 Kelirikon korjausmenetelmät ja niiden soveltuvuus eri vaurioluokkiin	23
4 KELIRIKON KORJAAMISPROSESSI	27
5 TUTKIMUKSET JA SUUNNITTELU	28
5.1 Yleistä	28
5.2 Kelirikon korjaamista edeltävät tutkimukset	28
5.2.1 Yleistä	28
5.2.2 Maatutkaluotaus, GPR	29
5.2.3 GPS ja digitaalivideokuvaus	30
5.2.4 Maastokäynti	32
5.2.5 Tiehallinnon kelirikon inventointitiedot	32
5.2.6 Pudotuspainolaitemittaus, PP	32
5.2.7 Dynamic Cone Penetrometer, DCP	34
5.2.8 Näytteenotto	35
5.2.9 Tasaisuusmittaus	36
5.2.10 Aiempien korjausten tutkimus- ja toteumatieto	36
5.3 Korjaussuunnittelu	37
5.3.1 Tutkimusaineiston analyysi	37
5.3.2 Korjausmenetelmän valinta	38
5.3.3 Korjaussuunnitelman sisältö	39
6 KORJAUSTEN TOTEUTUS	42
6.1 Yleistä	42
6.2 Kuivatuksen parantaminen	42
6.3 Tien poikkileikkauksen hallinta	43
6.4 Kulutuskerroksen poisto ja pohjamaan homogenisointi	44
6.5 Kerrosten rakennustyö	45

7	KORJATTUJEN SORATEIDEN LAADUNVARMISTUS JA TOIMIVUUDEN SEURANTA	47
7.1	Yleistä	47
7.2	Korjaustyön laadunvarmistus	47
7.2.1	Korjausrakenteiden oikea sijainti	47
7.2.2	Rakennusmateriaalien laatu	47
7.2.3	Korjausrakenteiden toteutuneet kerrospaksuudet	48
7.3	Korjattujen sorateiden toimivuuden seuranta	48
8	KORJAUSTEN TEETTÄMINEN	50
8.1	Yleistä	50
8.2	Kelirikkokorjausten ohjelmointi- ja suunnitteluvastuun jakaminen	50
	KIRJALLISUUSLUETTELO	53
	LIITTEET	55

1 JOHDANTO

Suomessa kelirikko-ongelmia on perinteisesti hoidettu kahdella tavalla: 1) potentiaalisille kelirikkoteille on asetettu painorajoituksia tai 2) pahimmat kelirikkokohteet on korjattu. Painorajoituksilla voidaan osittain suojella tietä pahemmilta vaurioilta, mutta toisaalta rajoitusten aiheuttamien ylimääraisten kustannusten yksinomaan paperiteollisuudelle on arvioitu olevan yli 65 milj. euroa. Tämä asettaa osaltaan paineita kelirikkokohteiden korjaamiselle.

Suomessa kelirikkokorjaukset on perinteisesti toteutettu Tiehallinnon kelirikon inventointitietojen perusteella lähinnä yhtä ns. perusrakennetta käyttäen. Varsinaisia tutkimuksia ja suunnitelmia ei ole tehty. Myöskään tietoja toteutetuista korjausrakenteista, niiden rakenteista ja sijainnista, ei ole kirjattu järjestelmällisesti ja siksi luotettavaa seurantatietoa korjausrakenteiden kestävyydestä erilaisissa kelirikko-olosuhteissa ei ole saatavilla. Kelirikkokorjausten toteuma- ja seurantatiedon puute vaikeuttaaakin korjausrakenteiden elinkaarikustannusten arvioimista.

Nykyisen käytännön mukaisesti vain pahimpiin kelirikkokohtiin kohdistuvia, pistemäisiä korjauksia toteutettaessa on hyvin usein päädytty tilanteeseen, jossa juuri korjatulle tielle on syntynyt uusia vauriokohtia korjauksia seuranneen liikennerajoitusten poistamisen myötä. Tämän välttämiseksi kelirikkokorjausten yhteydessä tulisi korjaussuunnittelu ulottaa myös sellaisille heikoille kohteille, joihin aiemman kokemuksen perusteella voidaan otaksua syntyvän vaurioita liikennerajoitusten poistamisen seurauksena. Tällainen kelirikkoisten sorateiden kestävyysennustettavuus ei ole kuitenkaan mahdollista ilman tutkimus- ja seurantatiedon järjestelmällistä keräämistä ja analysointia.

Tulevaisuudessa kelirikkokorjauksia tullaan sisällyttämään pitkäkestoisiin ja laajempisäältäöisiin kunnossapidon alueurakoihin, joissa pyritään mahdollistamaan myös urakoitsijoiden omien innovaatioiden hyödyntäminen. Tämä tarkoittaa, että vastuuta korjauskohteiden ja -menetelmien valinnasta tullaan entistä enemmän siirtämään urakoitsijoille. Samaan aikaan mietitään lopputuotteen toimivuusvaatimusten soveltamista myös kelirikkokorjausten yhteydessä. Tällä hetkellä kaikilla urakoitsijoilla ei kuitenkaan välttämättä ole riittävää asiantuntemusta ja kokemusta kelirikkokohteiden tutkimuksista, suunnittelusta ja toimivista työmenetelmistä. Lisäksi toimivuusvaatimusten asettamisen edellytyksenä on sorateieverkon nykytilan täsmällisempi tunteminen, sillä tilaaja tarvitsee tietoja urakan alku- ja lopputilanteesta arvioidakseen urakan aikana tapahtuneita muutoksia ja urakoitsija taas tarkat lähtötiedot jo tarjousvaiheessa.

Tämän työn tavoitteena on laatia tienpitäjää palveleva käytännön ohje, joka tarjoaa tietoa hyvästä kelirikkokorjausten toteutustavasta myös suunnittelijoille ja rakentajille. Työn puitteissa kuvataan kelirikon korjaamisprosessi, jota soveltamalla voidaan järjestelmällisesti ja suunnitelmallisesti kerätä kelirikkoihin sorateihin ja niiden korjauksiin liittyvää tutkimus- ja seurantatietoa kelirikkokorjausten suunnittelun ja jo korjattujen sorateiden hallinnan tarpeisiin.

2 KELIRIKKO – TYYPPIKOHEET

2.1 Kelirikon synty ja kelirikkoon vaikuttavat tekijät

Tässä ohjeessa kelirikolla tarkoitetaan tien kantavuuden tilapäistä heikkenemistä roudan sulamisen tai runsaiden sateiden vaikutuksesta. EU:n rahoittamassa Roadex II projektissa kelirikko on ehdotettu jaettavaksi neljään eri vaiheeseen, joihin viidentenä voidaan liittää ns. syyskelirikko. (Saarenketo ja Aho 2005):

1. syksyn jäätymis-sulamispehmeneminen (eng. freeze-thaw cycles)
2. pintakelirikko (eng. surface thaw weakening phase)
3. rakennekelirikko (eng. structural thaw weakening phase)
4. pohjamaan kelirikko (eng. subgrade thaw weakening phase)
5. syyskelirikko (eng. autumn heavy rain season)

Tässä luokituksessa aiemmin yleisesti käytetty ja määritelmänä hieman epämääräinen runkokelirikkovaihe on jaettu kahteen osaan: rakennekelirikkoon ja pohjamaan kelirikkoon. Seuraavassa on sekaantumisen välttämiseksi esitetty kaikkien edellä mainittujen kelirikkovaiheiden määritelmät Saarenkedon ja Ahon (2005) mukaan:

Syksyn jäätymis-sulamispehmeneminen

Myöhään syksyllä esiintyvä jäätymis-sulamisvaihe on ensimmäinen erotettavissa oleva vaihe, joka vaikuttaa kevään kelirikkotilanteeseen. Jäätymis-sulamisvaiheessa tien pinta jäätyy esimerkiksi muutamiksi päiviksi ja sulaa lämpötilan taas noustessa. Jäätymis-sulamissykliä seurauksena vesi imeytyy tierakenteeseen lähelle tien pintaa. Tämän pumppaavan mekanismin seurauksena tien kulutuskerros saattaa vettyä ja muuttua plastiseksi. Syksyn jäätymis-sulamissykliä määrää vaikuttaa kevään kelirikko-ongelmien vaikeuteen.

Pintakelirikko

Keväällä sulamisen alussa tapahtuvaa tien pinnan pehmenemistä kutsutaan pintakelirikoksi sen ulottuessa noin 10 – 15 cm syvyyteen. Pintakelirikon vakavuus riippuu eritoten tien pinnan sulamisen aikaisista sää- ja liikenneolosuhteista, kulutuskerroksen rakeisuudesta ja hienoainespitoisuudesta, mutta myös tien kunnosta ja vesipitoisuudesta ennen sen jäätymistä. Myös tien pinnan jäätymisnopeus voi vaikuttaa pintakelirikon vaikeuteen. Pintakelirikkovaiheelle on tyypillistä materiaalin suuri sähkönjohtavuus. Vaihe kestää yleensä 6-14 päivää, jonka aikana ei yleensä tarvita painorajoituksia mikäli sää on kuiva.

Rakennekelirikko

Rakennekelirikkovaiheen alussa sulamisrintama etenee tierakenteeseen tien pinnasta 15 – 20 cm syvyydellä alaspäin, mutta ei ole vielä saavuttanut pohjamaata. Pohjamaa on edelleen jäässä ja siksi pudotuspainolaitteen taipumat ovat suhteellisen pieniä. Sää- ja kuivatusolosuhteista riippuva tierakenteen vesipitoisuus yhdessä liikennekuormituksen kanssa saattaa aiheuttaa tien kuormituskestävyyden heikkenemisen mikäli kerrosmateriaalin laatu ei ole hyvä ja etenkin jos rakenteissa on tapahtunut routanousua.

Esimerkiksi SOP –teillä suurin osa kelirikon aikaisista vaurioista liittyy pinta- ja rakennekelirikkovaiheeseen.

Pohjamaan kelirikko

Pohjamaan kelirikkovaihe alkaa kun sulamisrintama saavuttaa pohjamaan yläpinnan. Kelirikkovaiheen aikana esiintyvien kelirikkovaurioiden vakavuus riippuu pohjamaan routivuudesta sekä tien rakennekerrosten paksuudesta ja jäykkyydestä (kantavuudesta) vaiheen alkaessa. Lisäksi tien kuntoon vaikuttavat tietä käyttävän raskaan liikenteen kuormitus ja liikennöintitaajuus. Kantavuusarvolla mitattuna tierakenne on yleensä heikoimmillaan kun routa on kokonaan sulanut.

Syyskelirikko

Myös runsaat sateet voivat lisätä tierungon vesipitoisuutta ja nostaa pohjaveden pinnan korkeutta niin paljon, että tien kantavuus alenee ja raskaan liikenteen kuljetukset vaikeutuvat. Runsaiden sateiden vaikutuksesta syntyvää kelirikkoa esiintyy pääasiassa syksyllä, minkä vuoksi siitä käytetään nimitystä syyskelirikko. Syyssateiden vaikutuksesta syntyvä kelirikko on pääosin pintakelirikkoa.

Kelirikon syntyyn ja kehittymiseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa taulukon 2.1 (muokattu Aho 2004) mukaisesti ympäristö- ja liikennekuormitukseen sekä kohteen olosuhdetekijöihin. Kohteen olosuhdetekijöillä tarkoitetaan sellaisia paikallisia tekijöitä, joilla on vaikutusta routimisprosessiin, routanousun suuruuteen ja sulamisvesien poisjohtumiseen. Eri tekijäryhmät vaikuttavat osittain yhtäaikaaisesti lisäten toistensa vaikutuksia.

Taulukko 2.1. Kelirikon syntyyn vaikuttavat tekijät. (muokattu Aho 2004)

LIIKENNE- KUORMITUS	YMPÄRISTÖ- KUORMITUS	KOHTeen OLOSUHDETEKIJÄT
Raskaan liikenteen määrä	Sää ja hydrologiset tekijät	Kuivatusolosuhteet
Raskaan liikenteen akselikuorman suuruus	- Lämpötila	- Tien ja sen ympäristön topografia
Raskaan liikenteen rengaspaine	- Pohjavesi	- Kuivatusrakenteet
Palautumisaika	- Sadanta	Tierakenne
	- Routa	- Rakennekerrosten paksuus, laatu ja sekoittuneisuus
		Pohjamaa
		- Pohjamaalaji ja sen routivuus

Taulukossa 2.1 mainittujen tekijöiden lisäksi kelirikkoon ja kelirikkovaurioiden laatuun vaikuttavat tielle tehtävät hoitotoimenpiteet ja tien reunakantavuus.

2.2 Kelirikkokohteiden vaurioluokitus

2.2.1 Yleistä

Taulukossa 2.1 esitettyjen kelirikon syntyyn vaikuttavien tekijöiden moninaisuus kuvaa hyvin vähäliikenteisillä, useimmiten lähes rakentamattomilla sorateilla esiintyvien kelirikko-ongelmien monitahoisuutta. Kelirikkokohteita tarkasteltaessa ja vaurioiden syitä etsittäessä voidaan kelirikkovaurioiden kuitenkin todeta sijaitsevan kohteilla, joissa tien pohjamaa- sekä topografiaolosuhteissa on erotettavissa tiettyjä, samalla tavalla toistuvia piirteitä.

Kappaleissa 2.2.2 - 2.2.4 kelirikkokohteet on eroteltu näiden piirteiden perusteella vaurioluokkiin, joita suositellaan käytettävän kohteiden korjaussuunnittelun perustana. Tässä esitetty vaurioluokitus pohjautuu alunperin Saarenkedon et al. (2002) Vaasan sorateiden korjaussuunnittelun kehittäminen –projektin yhteydessä ehdottamaan ja Saarenkedon ja Ahon (2005) Roadex II -projektin yhteydessä edelleen kehittämään kelirikkokohteiden luokitukseen.

Kelirikkokohteet luokitellaan seuraavien kelirikon esiintymiseen vaikuttavien sekä kelirikon merkittävyyttä kuvaavien tekijöiden avulla:

- pohjamaan maalaji
- tien ja sen ympäristön topografia
- kelirikon vakavuus
- kelirikon toistuvuus

Tässä korjaussuunnittelun perustaksi tarkoitettussa vaurioluokituksessa ei oteta huomioon tien ekspositiota eli sijaintia ilmansuuntiin nähden vaikkakin sillä on useassa eri tutkimuksessa todettu olevan selkeä vaikutus kelirikkovaurioiden esiintymiseen. Kohteiden valoisuus / varjoisuus on arvioitava aina tapauskohtaisesti erikseen.

2.2.2 Pohjamaan maalajiarvio ja tien topografia

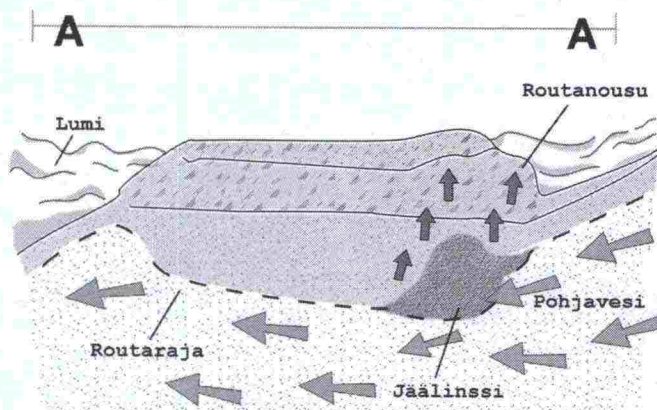
Moreeni

Tähän luokkaan kuuluvat kelirikkokohteet, jotka sijoittuvat moreenimaastoon. Moreenimaastossa esiintyvä kelirikko-ongelma ja sen optimi korjausratkaisu voi olla hyvinkin erilainen riippuen siitä sijaitseeko vaurioitunut tienosa:

- rinteessä
- kosteassa ja alavassa maastossa vai
- moreenikumpareella. (Saarenketo ja Aho 2005)

Alavaan maastoon sijoittuvilla tienkohdilla kelirikkovauriot esiintyvät yleensä koko poikkileikkauksen alalla kun taas sivukaltevissa rinteissä, joissa pohjaveden pinta on lähellä tien pintaa, kelirikkovauriot esiintyvät pääosin yläpuolisen rinteiden puolella olevassa poikkileikkauksen osassa. Rinnettä pitkin tierakenteeseen virtaava pohjavesi muodostaa jäätyessään kuvan 2.1 mukaisesti jäälinsejä tierakenteeseen. Tämän seurauksena muodostuvat

jäälinsit aiheuttavat usein epätasaista routanousua erityisesti tien ylärinteen puoleisella reunalla. (Saarenketo ja Aho 2005)



Kuva 2.1. Periaatekuva kelirikkovaurioiden syntymisestä sivukaltevassa rinteessä olevalla tienkohdalla, jossa pohjavesi on lähellä tien pintaa. (Saarenketo ja Aho 2005)

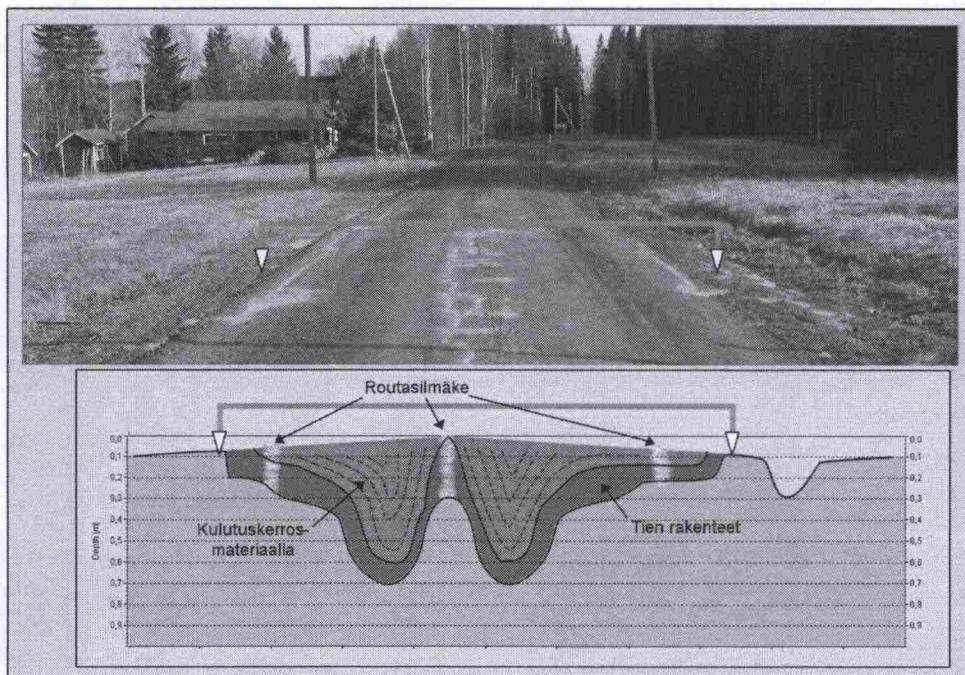
Ympäristöään ylempänä olevan moreenikumpareen alueella esiintyvä kelirikko sijaitsee yleensä tierakenteen vaihtumiskohdassa, jossa tie siirtyy penkereeltä kumpareelle. Tie pehmenee yleensä koko poikkileikkauksen alalta. Näissä kohteissa esiintyy usein talvella epätasaista routanousua. (Saarenketo ja Aho 2005) Erityispiirteinä ovat kohteet, joissa kelirikko liittyy kumpareelle tultaessa koveralla pystygeometriaosuudella sijaitsevaan paksuun kulutuskerrokseen, joka on syntynyt tiehöylän vuosien aikana siirtämästä materiaalista. Näissä kohteissa esiintyvä kelirikko on yleensä pintakelirikkoa.

Savi ja siltti

Myös savi- ja silttipohjamailla esiintyvien kelirikko-ongelmien luonne riippuu siitä sijaitseeko vaurioitunut tienosa:

- rinteessä
- kosteassa ja alavassa maastossa
- vai notkelmassa. (Saarenketo ja Aho 2005)

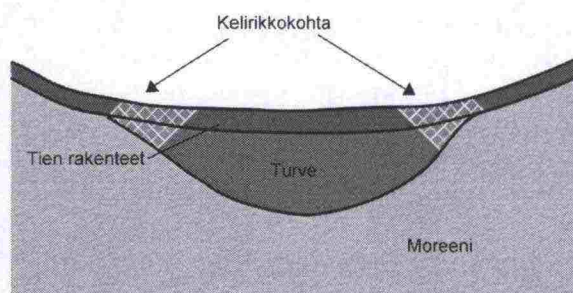
Sivukalteviin rinteisiin sijoittuvilla savi- ja silttikohdeilla kelirikko esiintyy ajoradalla yleensä vain yläpuolisen rinteiden puolella. Talvella kohteissa esiintyy myös voimakasta routanousua. Topografialtaan tasaisilla tai notkelmassa sijaitsevilla savi- ja silttialueilla kelirikkovauriot liittyvät yleensä tien rakennekerrosten voimakkaaseen epähomogeenisuuteen sekä tien poikki- että pituussuunnassa. Vaihtelevien rakennekerrospaksuuksien seurauksena syntyvä epätasainen routanousu aiheuttaa halkeamia tien reunoilla ja, mikäli rakennekerrosten paksuus on ohut, myös keskellä tietä. Näillä kohteilla esiintyy kelirikkokoikaan ns. routasilmäkkeitä kun velliintynyt pohjamaa pursuaa liikennekuormituksen vaikutuksesta pintaan kuvan 2.2 mukaisesti tien reunoilta ja keskeltä. Tien poikkileikkauksen voimakas leventyminen on tyyppillistä savi- ja silttimaille esiintyville kelirikkokohteille. (Saarenketo ja Aho 2005)



Kuva 2.2. Tyypillinen savi- ja siltipohjamailla sijaitsevan, kelirikko-ongelmista kärsivän soratien poikkileikkaus. (Saarenketo ja Aho 2005)

Turve

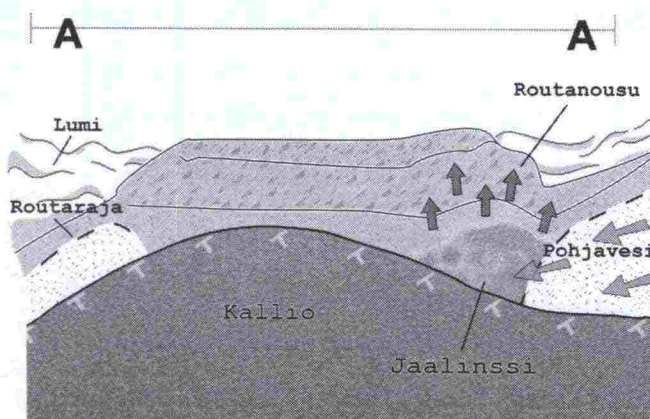
Tähän luokkaan kuuluvat kaikki sellaiset kohteet, joissa pohjamaa on turvetta tai joissa pohjamaa muuttuu turpeeksi. Turvepohjamailla kelirikkovauriot esiintyvät yleensä kohdissa, joissa pohjamaa vaihtuu mineraalimaasta orgaaniseksi turpeeksi ja turvekerros on niin ohut että routa yltää myös pohjamaahan (kuva 2.3). Erityispiirteensä turvemaille sijoittuvilla kelirikkokohteilla ovat erittäin heikot reunat. (Saarenketo ja Aho 2005) Turvekohteille on tyypillistä, että kappaleessa 5.2.6 esitelty, pudotuspainolaitteen taipumasuppilosta laskettavat BCI –luvun arvot ovat erittäin huonoja.



Kuva 2.3. Kelirikkovaurioiden esiintyminen turvepohjamailla sijaitsevilla tienkohdilla. (Saarenketo ja Aho 2005)

Kalliokohteet

Yllättävän usein kelirikkovauriot sijoittuvat kohteisiin, joissa lähellä tien tasausviivaa oleva kallio aiheuttaa tavalla tai toisella kelirikon syntymisen. Pääosin kallion esiintymisen vaikutuksesta syntyvät kelirikkovauriot sijaitsevat rinnekohteissa. Tällöin vauriot syntyvät kun kallio yhdessä tierakenteeseen tunkeutuneen roudan kanssa patoaa virtaavaa pohjavettä ja pakottaa sen joissakin kohteissa tien alle, jossa se jäätyessään muodostaa jäälinssejä (kuva 2.4). Tämän seurauksena tierakenteeseen syntyy epätasaista routanousua ja keväällä jäälinssien sulaessa kantavuusongelmia. (Saarenketo ja Aho 2005) Kalliikohteille on tyypillistä, että kappaleessa 5.2.6 esitellyt, pudotuspainolaitteen taipumasuppilosta laskettavat BCI –luvun arvot ovat riittäviä.

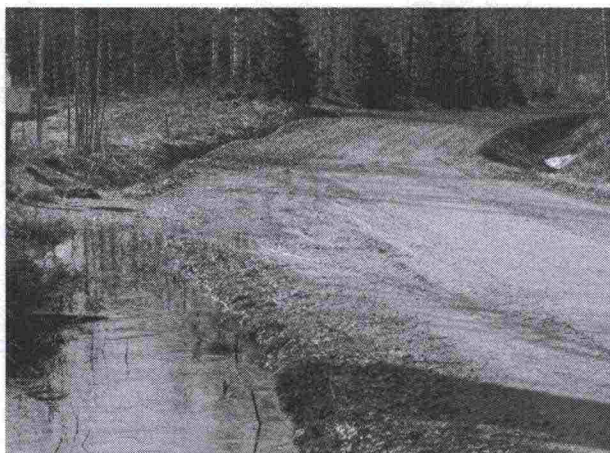


Kuva 2.4. Periaatekuva kelirikkovaurioiden syntymisestä sivukaltevassa rinteessä olevalla tienkohdalla, jossa pohjavesi on lähellä tien pintaa. (Saarenketo ja Aho 2005)

Muut kohteet

Tähän luokkaan kuuluvat sellaiset kelirikkokohteet, joissa kelirikon syntyy vaikuttavat ensisijaisesti muut tekijät kuin edellä esitetyt pohjamaalajit sekä tien ja sen ympäristön topografia. Tällaisia kohteita ovat kuivatuksensa vuoksi ongelmalliset kohteet sekä kelirikkokohteet, joissa kelirikon syynä on liian paksu ja paljon hienoainesta sisältävä kulutuskerros tai kulutuskerros, johon on käytetty liikaa suolaa. Kulutuskerroksesta aiheutuva kelirikko on yleensä voimakasta pintakelirikkoa. Myös reunasortumat luokitellaan tähän alaluokkaan siinä tapauksessa, että ne esiintyvät sellaisissa kohdissa, joissa ei ole havaittavissa muita kelirikkovaurioita. (Saarenketo ja Aho 2005)

Esimerkkinä kuivatuspuutteiden aiheuttamasta kelirikosta mainittakoon rinteessä sijaitsevat kelirikkokohteet, jotka ovat seurausta liittymärummun tukkeutumisesta tai puuttumisesta. Tällöin ojassa virtaava vesi ohjautuu kuvan 2.5 mukaisesti tierakenteeseen ja tien pintaa pitkin ja heikentää siten tierakenteen kantavuutta etenkin roudan sulamisen aikaan.



Kuva 2.5. Liittymärummun puuttuminen aiheuttaa sulamisveden ohjautumisen tierakenteeseen.

Mikäli reunasortumien yhteydessä esiintyy myös muita kelirikkovaurioita, kuten painumia, urautumista ja pohjamaan pursuamista, käytetään luokittelussa edellä esitetyn mukaisesti pohjamaan maalajia sekä tien ja sen ympäristön topografiaa.

2.2.3 Kelirikon vakavuus ja toistuvuus

Kelirikon merkittävyyden määrittäminen kelirikkovaurioiden vakavuuden ja toistuvuuden perusteella on esitetty taulukossa 2.2. Määrittely perustuu Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen (1996) mukaisiin vaurioluokkiin 1-3 ja kulloinkin kyseessä olevan kohteen kelirikkoinventointitietoihin viideltä (5) edelliseltä vuodelta. Vaurioluokan 4 mukaista kelirikkoa ei huomioida kelirikon merkittävyyttä määritettäessä.

Taulukko 2.2. Kelirikon merkittävyyden määrittäminen.

MERKITTÄVYYS	VAKAVUUS	TOISTUVUUS
Lievä, I	Vaurioluokkien 2-3 mukainen kelirikko	1-2 kertaa / 5v
Keskivaikea, II	Vaurioluokkien 2-3 mukainen kelirikko	3-5 kertaa / 5v
	Vaurioluokan 1 mukainen kelirikko	1-2 kertaa / 5v
Vaikea, III	Vaurioluokkien 1-2 mukainen kelirikko	3-5 kertaa / 5v

2.2.4 Yhteenveto vaurioluokituksesta

Edellä kappaleissa 2.2.2 ja 2.2.3 esitettyjen periaatteiden mukaisesti kelirikkokohteet luokitellaan 27 eri vaurioluokkaan. Taulukossa 2.3 esitettyä vaurioluokitusta suositellaan käytettäväksi kappaleissa 5.3.1 ja 5.3.2 esitetyn mukaisesti vaurioituneille kohteille soveltuvien korjausmenetelmien valinnassa.

Taulukko 2.3. Kelirikkokohteiden vaurioluokitus.

POHJAMAA- ARVIO	TIEN TOPOGRAFIA	KELIRIKON MERKITTÄVYYS	VAURIO- LUOKKA
moreeni	rinne	lievä	A.I
		keskivaikea	A.II
		vaikea	A.III
	kosteaa ja alava maasto	lievä	B.I
		keskivaikea	B.II
		vaikea	B.III
	kumpare	lievä	C.I
		keskivaikea	C.II
		vaikea	C.III
savi ja siltti	rinne	lievä	D.I
		keskivaikea	D.II
		vaikea	D.III
	kosteaa ja alava maasto	lievä	E.I
		keskivaikea	E.II
		vaikea	E.III
	notkelma	lievä	F.I
		keskivaikea	F.II
		vaikea	F.III
turve	sijaitsevat pääasiassa kosteassa ja alavassa maastossa tai notkelmassa	lievä	G.I
		keskivaikea	G.II
		vaikea	G.III
kallio	sijaitsevat pääasiassa rinteessä	lievä	H.I
		keskivaikea	H.II
		vaikea	H.III
	kohteet, joissa kelirikkoon vaikuttavat muut tekijät kuin pohjamaalaji	lievä	I.I
		keskivaikea	I.II
		vaikea	I.III

3 KORJAUSMENETELMÄT - TYYPPIRAKENTEET

3.1 Toimenpiteet, rakenteet ja materiaalit

Kelirikon korjausrakenteiden valinnan lähtökohtana voidaan pitää käytettävissä olevien työ- ja laitetekniikoiden asettamia rajoituksia ja reunaehtoja sekä materiaaalilta vaadittavia ominaisuuksia kuten sekoittumattomuutta alapuoliseen pohjamaahan (Tielaitoksen selvitys 10/2000). Seuraavassa on lyhyt esittely kelirikon korjaamisessa yleisimmin käytettävistä toimenpiteistä ja niihin liittyvistä rakenneosista:

Pohjamaan homogenisointi

Pohjamaan homogenisoinnin tarkoituksena on poistaa lohkareet ja isot kivet tien pinnasta noin 200-300 mm syvyydelle ja muodostaa tasalaatuinen alusta uusille kerroksille. Homogenisoinnin seurauksena muodostuva tasalaatuisempi pohjamaa vähentää tien epätasaista routimista ja siten lisää kelirikkokorjausten kestoikää. Homogenisoinnin tarve tulee arvioida tapauskohtaisesti.

Reunakantavuuden parantaminen

Ensisijaisena toimenpiteenä tien reunakantavuuden parantamiseksi tulee harkita tien poikkileikkauksen kaventamista. Sellaisissa tapauksessa, joissa tien reunoja ei voida syystä tai toisesta kaventaa homogeenisemmän tierakenteen ja paremman reunakantavuuden saavuttamiseksi, tulee tien reunoja vahvistaa. Reunojen vahvistamiseksi on kokeiltu useita erilaisia menetelmiä, joista vielä mikään ei ole vakiintunut yleiseen käyttöön.

Suodatinkangas

Suodatinkangas parantaa korjausrakenteen kestävyyttä estäessään yläpuolisten rakennekerroksen sekoittumisen pohjamaahan, mutta ei varsinaisesti vaikuta tien kantavuuteen muuten kuin erotusominaisuuksiensa kautta. Yläpuolisten rakennekerrosten kulumisen seurauksena tapahtuvan pintaannousemisen riskin minimoimiseksi kangas tulee asentaa vähintään 200 mm tien pinnan alapuolelle. Suodatinkankaiden laatuvaatimukset käyttöluokittain sekä käyttöluokan valinta on esitetty Tielaitoksen julkaisussa: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitys, Penger- ja kerrosrakenteet, kohta 4450 Suodatinkankaat". Yleensä kelirikkokohteissa käytetään käyttöluokan N3 mukaista suodatinkangasta.

Suodatinkerros

Aikaisemmin suodatinkankaan rinnalla käytetyn suodatinkerroksen tehtävänä on niinikään ollut estää yläpuolisten rakennekerrosten sekoittuminen pohjamaahan. Nytkin varsinaisen suodatinkerroksen käytöstä on luovuttu lähes kokonaan ja yleensä sen käyttö tulee kyseeseen ainoastaan syvien massanvaihtojen yhteydessä. Suodatinkerroksen materiaalivaatimukset on esitetty Tielaitoksen julkaisussa: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitys, Penger- ja kerrosrakenteet".

Kantava/jakava kerros

Kantavan ja jakavan kerroksen tehtävänä on jakaa liikennekuormat riittävän laajalle alueelle siten, että pohjamaahan ei synny suuria pysyviä muodonmuutoksia. Yleensä kelirikkokorjauksissa käytetään erikseen kantavaa ja jakavaa kerrosta ainoastaan tasauksen noston yhteydessä. Yleisemmin käytettävän, yhdistetyn kantavan/jakavan kerroksen käyttökelpoisimpana rakennepaksuutena pidetään 200-300 mm.

Kelirikkokorjausten yhteydessä on tyypillisesti käytetty #0-45mm tai #0-56mm mursketta kantava/jakava kerroksessa. Kiviaineksia valmistettaessa tai hankittaessa noudatetaan kulloinkin voimassa olevia Tiehallinnon julkaisun: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Murskaustyöt" mukaisia rakeisuusohjealueita. Valmiin rakenteen rakeisuusvaatimusten ja kiviaineksen laatuvaatimusten osalta noudatetaan Tielaitoksen julkaisua: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitys, Penger- ja kerrosrakenteet".

Kulutuseros

Soratien kulutuseroksen tehtävänä on tarjota tietä käyttävälle liikenteelle tasainen, kiinteä ja pölyämätön liikennöintialusta. Kulutuserokselle asetettavia vaatimuksia ovat kulutuskestävyys ja riittävä vedensitomiskyky. Riittävällä vedensitomiskyvyllä taataan pölyämättömyys tilanteissa, joissa tielle lisätty kantavan/jakavan kerroksen materiaali katkaisee kapillaarisen yhteyden tien pinnan ja pohjamaan välillä. Kulutuseros tulisi toteuttaa aina vähintään 100 mm paksuisena riittävän vedensitomiskyvyn saavuttamiseksi.

Kelirikkokorjausten yhteydessä on sorateiden kulutuseroksessa käytetty #0-11mm tai #0-16mm mursketta. Kokemusten mukaan #0-11mm mursketta suositellaan käytettäväksi niin sanottujen kuivarunkoisten tieosuuksien yhteydessä kun taas kostearunkoisilla osuuksilla suositellaan rakeisuudeltaan #0-16mm olevan materiaalin käyttöä. Periaatteessa kulutuseroksen koostumus olisi suositeltavaa suunnitella tiejaksoittain. Moreeni- ja kalliomurskeiden on todettu olevan luonnonsoraa kestävämpiä ja vähemmän hoitoa vaativia (Rantanen et al 2005). Kulutuseroksen kiviaineksia valmistettaessa tai hankittaessa noudatetaan kulloinkin voimassa olevia Tiehallinnon julkaisun: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Murskaustyöt" mukaisia rakeisuusohjealueita.

Uudessa kulutuseroksessa voidaan käyttää myös vanhan kulutuseroksen materiaalia. Vanhan kulutuserosmateriaalin hyödyntäminen tulee kuitenkin perustua tutkittuun tietoon. Mikäli vanhan ja uuden kulutuserosmateriaalin suhteutusta ei voida tehdä, tulee vanhan materiaalin käyttöä välttää. Oja- ja reunapallemateriaalin käyttöä kulutuseroksessa ei suositella sen sisältämän humuksen vuoksi.

Teräsverkko

Teräsverkon on todettu vähentävän syntyviä pysyviä muodonmuutoksia erittäin heikosti kantavan pohjamaan alueilla etenkin sulamispainumien aikaan, jolloin voidaan hyödyntää teräsverkon vetolujuusominaisuuksia.

Teräsverkkoa käytettäessä voidaan ohuehkolla murskelisäyksellä saatavaa kantavuuden lisäystä suurentaa ja toisaalta pienentää murskekerroksen lisäämisen seurauksena heikolla pohjamaalla syntyviä painumia.

Teräsverkkoa käytettäessä on tärkeää asentaa verkko riittävän syvälle rakenteeseen, noin 250-300 mm syvyyteen tien pinnasta. Tierakenne ei saa sisältää isoja kiviä tai lohkareita, jotka saattaisivat nostaa teräsverkon tien pintaan. Lisäksi teräsverkon asennustasolla tulisi olla riittävän karkeaa mursketta verkon lukkiutumisen varmistamiseksi. Teräsverkkoa ei saa asentaa suoraan esimerkiksi vanhaa kulutuserrosta tai pohjamaata vasten.

Tierakenteissa käytettyjen teräsverkkojen pitkittäisten lankojen paksuus vaihtelee 7...8 mm välillä. Poikittaisten sidontalankojen paksuus on tavallisesti 5 mm. Pitkittäisten lankojen jakoväli on 100...150 mm ja poikkisuuntaisten sidontalankojen 150...200 mm. (Teräsverkkojen käyttö lujitteina tie- ja katurakenteissa 2004) Teräsverkot asennetaan tierakenteeseen siten, että verkon ohuimmat, poikittaiset sidontalangat tulevat tierakenteeseen nähden pitkittäissuuntaisesti ja paksummat, pitkittaiset langat poikittaissuuntaisesti. Lisäksi tien poikkisuuntaisen langan tulee jäädä alapuolelle.

Siirtymäkiilarakenne

Siirtymäkiilarakenteen tarkoituksena on tasata pohjamaan vaihtumiskohtiin syntyviä routanousueroja. Kelirikon korjauskohteissa tien uudet rakennekerrokset kiilataan yleensä 1:40 kaltevuudella tien nykyisiin rakennekerroksiin. Tällä tavalla pistemäiset korjauskohteet pyritään yhdistämään joustavasti olemassa olevan tien geometriaan. Siirtymäkiila rakennetaan yleensä samasta materiaalista kuin varsinainen korjausrakenne.

Kuivatusjärjestelmä

Kuivatusjärjestelmän tehtävänä on estää sekä pintaveden että pohjaveden aiheuttamat haitat liikenteelle, tien rakenteelle ja tien lähialueille. Useiden eri tutkimusten yhteydessä (mm. Roadex) on todettu, että kuivatuksen toimimisen varmistaminen on sorateiden kelirikkokohteiden kannalta erityisen tärkeää. Kelirikon korjauksella ei saavuteta tavoiteltua hyötyä mikäli sen yhteydessä ei paranneta kuivatusta. Huonosti toimivan kuivatuksen myötä tierakenne jää märäksi ja jäälinsien syntyminen on todennäköistä.

Muut toimenpiteet, rakenteet ja materiaalit

Edellä esiteltyjen lisäksi kelirikkokorjausten yhteydessä voidaan käyttää myös muita, kelirikkokorjausten yhteydessä vähemmän käytettyjä ja/tai vasta kehitteillä olevia toimenpiteitä, rakenteita ja materiaaleja. Esimerkkeinä näistä mainittakoon erilaisia teollisuuden sivutuotteita hyödyntävät stabiloidut korjausrakenteet, synteettiset geovahvisteet ja routaeristeet.

3.2 Kelirikon korjausmenetelmät ja niiden soveltuvuus eri vaurioluokkiin

Seuraavassa on lueteltu yleisimmin kyseeseen tulevat menetelmät kelirikon korjaamiseksi:

- I. PERUSRAKENNE, PRAK
vanhan kulutuskerroksen poisto
tarvittaessa pohjamaan homogenisointi 300 mm
suodatinkangas
kantava/jakava kerros 200-300 mm
kulutuskerros 100 mm
- II. TERÄSVERKKORAKENNE, TV
vanhan kulutuskerroksen poisto
tarvittaessa vanhan materiaalin poisto 100-150 mm
suodatinkangas
kantava/jakava kerros 100 mm
teräsverkko
kantava/jakava kerros 200 mm
kulutuskerros 100 mm
- III. TASAUKSEN NOSTO, TN
vanhan kulutuskerroksen poisto
tarvittaessa pohjamaan homogenisointi 300 mm
suodatinkangas
jakava kerros ≥ 200 mm
kantava kerros 200 mm
kulutuskerros 100 mm
- IV. MASSANVAIHTO, MV
vanhan kulutuskerroksen poisto
vanhan materiaalin poisto ≥ 600 mm
suodatinkangas
suodatinkerros ≥ 300 mm
kantava/jakava kerros 200-300 mm
kulutuskerros 100 mm
- V. REUNAKANTAVUUDEN PARANTAMINEN, REUNAK
Esimerkiksi: reunaosien massanvaihto, sisäluiskien loivennus
- VI. MAHDOLLISET MUUT KORJAUSMENETELMÄT
Esimerkiksi: routaeristeen sisältävä rakenne, stabilointi

Edellä esitettyjä korjausmenetelmiä tarkasteltaessa ei pidä unohtaa toimivan kuivatusjärjestelmän merkitystä kelirikosta kärsivälle soratielle. Useissa tutkimuksissa on todettu, että tierakenteen kuivatuksen parantaminen ja sen toimivuuden varmistaminen on tehokkain menetelmä kelirikkotilanteen helpottamiseksi sellaisissa tapauksissa, joissa kelirikon korjaamiseen on käytettävissä vain vähän rahaa. Siksi tässä esitettyjen korjausmenetelmien lisäksi tulee kelirikkokorjausten yhteydessä aina varmistaa myös kuivatusjärjestelmän toimivuus. Kuivatusjärjestelmän toimivuuden varmistamiseen suositellaan käytettäväksi Tiehallinnon, S14 –

tutkimusohjelman julkaisua: "Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen".

Liitteessä 2 on esitetty rakennekortit rakenteista I-IV. Rakennekorteissa on kuvattu yksityiskohtaisemmin kunkin korjausmenetelmän rakenteet ja työmenetelmät. Rakennekortteja voidaan käyttää esimerkiksi kunnossapidon alueurakoiden urakkatarjouspyynnön liitteenä. Rakenteista V ja VI ei ole esitetty rakennekortteja, koska niihin sisältyvät korjausmenetelmät eivät ole vielä vakiintuneet yleisessä käytössä. Seuraavassa on käsitelty edellä esiteltyjen korjausmenetelmien soveltuvuutta eri vaurioluokkiin kuuluvien kelirikkokohteiden korjaamisessa.

I. Perusrakenne ja III. Tasauksen nosto

Perusrakennetta voidaan pitää kelirikkokorjauksissa ns. minimitasona. Sinänsä rakenne soveltuu käytettäväksi jokaisessa taulukon 2.3 mukaisessa vaurioluokassa A-H. Perusrakenne voi kuitenkin olla riittämätön korjausmenetelmä seuraavissa olosuhteissa:

- kohteella esiintyneen kelirikon merkittävyys on keskivaikea tai vaikea (taulukko 2.2, luokat II ja III), jolloin rakenteen murskelisäyksen aikaansaama kantavuuden parannus on kohteen kuntoon nähden riittämätön
- kelirikkokohte sijaitsee osuudella, jossa veden poistuminen rakenteesta on estynyt:
 - o moreeni pohjamaa kosteassa ja alavassa maastossa (taulukko 2.3, luokka B)
 - o savi tai siltti pohjamaa kosteassa ja alavassa maastossa (taulukko 2.3, luokka E)
 - o savi tai siltti pohjamaa notkelmassa (taulukko 2.3, luokka F)
 - o turve pohjamaa kosteassa ja alavassa maastossa tai notkelmassa (taulukko 2.3, luokka G)

Mikäli paksumpana toteutettu perusrakenne (rakenne IB) ei nosta riittävästi tien tasausta kohteissa, joissa veden poistuminen rakenteesta on estynyt, tulee keskivaikean tai vaikean kelirikon (kelirikon merkittävyys II tai III) korjaamiseen käyttää tasauksen nostoa edellyttäen, että tien leveys antaa siihen mahdollisuuden.

II. Teräsverkkorakenne

Erittäin heikon pohjamaan (taulukko 2.3, vaurioluokat E, F ja G) tapauksessa paksut rakennekerrokset saattavat aiheuttaa epätasaisia painumia, jolloin on edullista korvata osa rakennepaksuudesta tierakenteeseen asennettavalla teräsverkolla. Saatujen käyttökokemusten perusteella teräsverkko näyttäisi vähentävän syntyvien pysyvien muodonmuutosten määrää ja rajoittavan tien levenemistä. Teräsverkkoa ei suositella käytettäväksi rinnekohteissa (taulukko 2.3, vaurioluokat A ja D) niissä usein esiintyvän epätasaisen routimisen vuoksi, jonka seurauksena teräsverkko saattaa nousta tien pintaan.

Teräsverkkorakenteen käyttöä tulisi välttää myös rumpujen, ajoradan poikkisuunnassa alittavien johtolinjojen tai kaapeleiden yms. rakenteiden kohdilla, joita voidaan joutua myöhemmin korjaamaan tai kaivamaan auki. Näissä kohdissa verkot vaikeuttavat korjaustyötä ja rikkoutuessaan

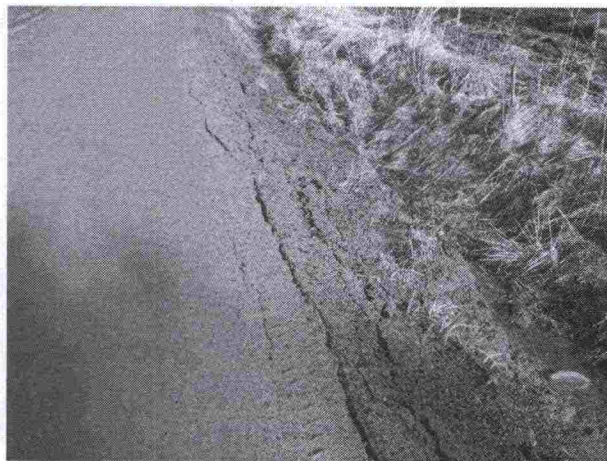
menettävät toimivuutensa. Usein myös esimerkiksi routivien rumpujen kohdilla routanousu on niin suurta ettei normaali teräsverkkoratkaisu riitä poistamaan ongelmaa. Tällaiset kohdat on otettava suunnitelmassa huomioon ja rakennettava tai korjattava asiaan kuuluvilla siirtymäkiilaratkaisuilla (rakenne VI, mahdolliset muut korjausmenetelmät). (Teräsverkkojen käyttö lujitteina tie- ja katurakenteissa 2004)

IV. Massanvaihto

Massanvaihto tulee järeytensä vuoksi kyseeseen vain erittäin vaikeiden kelirikkokohteiden yhteydessä (kelirikon merkittävyys III). Vaikeasti routivissa kalliikohteissa (vaurioluokka H.III) epätasaista routimista voidaan hillitä vaihtamalla routimattomat maa-ainekset kallion pintaan asti. Toisaalta massanvaihto ei riitä korjaustoimenpiteeksi sellaisissa kelirikkokohteissa, joissa kallio patoaa vettä tierakenteessa. Tällaisissa kohteissa tulee harkita kallion louhintaa tai rakennetta, joka sisältää routaeristeen (rakenne VI, mahdolliset muut korjausmenetelmät).

V. Reunakantavuuden parantaminen

Sellaisissa kohteissa, joissa reunaosat ovat kuvan 3.1 mukaisesti selvästi muuta tietä heikommät, tulee varsinaisen kelirikon korjausrakenteen lisäksi parantaa tien reunakantavuutta. Heikosta reunakantavuudesta kärsivät kelirikkokohteet voivat kuulua mihin tahansa taulukon 2.3 vaurioluokkaan A-I.



Kuva 3.1. Tien reunaosat ovat selvästi muuta tietä heikommät.

Ensisijaisena toimenpiteenä tien reunakantavuuden parantamiseksi tulee harkita tien poikkileikkauksen kaventamista. Tämä on tehokkain korjausmenetelmä sellaisissa tapauksissa, joissa heikko reunakantavuus liittyy tien reunoilla oleviin, poikkileikkauksen levenemisen seurauksena syntyneisiin, muuta poikkileikkausta ohuempiin rakennekerroksiin.

Mikäli heikosta reunakantavuudesta kärsivällä tienkohdalla tietä ei voida kaventaa (eli leikata pehmeää reunaa pois) pitäisi reunaosalle rakentaa esimerkiksi viistettynä kaltevuuteen 1:4 hieman muuta tietä paksumpi kerros (Rantanen et al. 2005). Toisena vaihtoehtona on tehdä tien reunaosien massanvaihto, jolloin ohuet rakennekerrokset ja pohjamaa kaivetaan tien

reunasta pois ja tehdään paksummat rakennekerrokset. Mikäli ongelmat taas rajoittuvat pelkästään luiskien osalle, voidaan reunakantavuuden parantamisessa keskittyä luiskien stabiliteettiin esimerkiksi sisäluiskia loiventamalla. Muita parantamistoimenpiteitä ovat mm. sivuojan putkitus ja ojien täyttö. Erilaisia geovahvisteita ja teräsverkkoja on kokeiltu tien reunojen vahvistamiseen mm. "S14, Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito" – tutkimusohjelman osaprojektissa 2.8 Tuotantotekniikat ja koerakentaminen.

VI. Mahdolliset muut korjausmenetelmät

Mahdollisiksi muiksi korjausmenetelmiksi luokitellaan sellaiset korjausmenetelmät, jotka eivät ole vielä yleistyneet kelirikkokohteiden korjauksessa. Rakenne VI voi pitää sisällään korjausmenetelmiä, jotka tulevat kyseeseen vain erikoistapauksissa tai jotka ovat vasta kehityksen alla. Kun mahdolliset muut korjausmenetelmät sisällytetään tarjouspyyntöasiakirjoihin yhdeksi kelirikon korjaamisvaihtoehdoksi, antaa se urakoitsijoille innovointivaraa vauriokohtien korjaussuunnittelun ja käytettävien työmenetelmien suhteen. Esimerkiksi kulutuskerroksen karkeutus sekä routaeristeitä, synteettisiä geovahvisteita tai teollisuuden sivutuotteita sisältävät rakenteet voidaan luokitella mahdollisiin muihin korjausmenetelmiin.

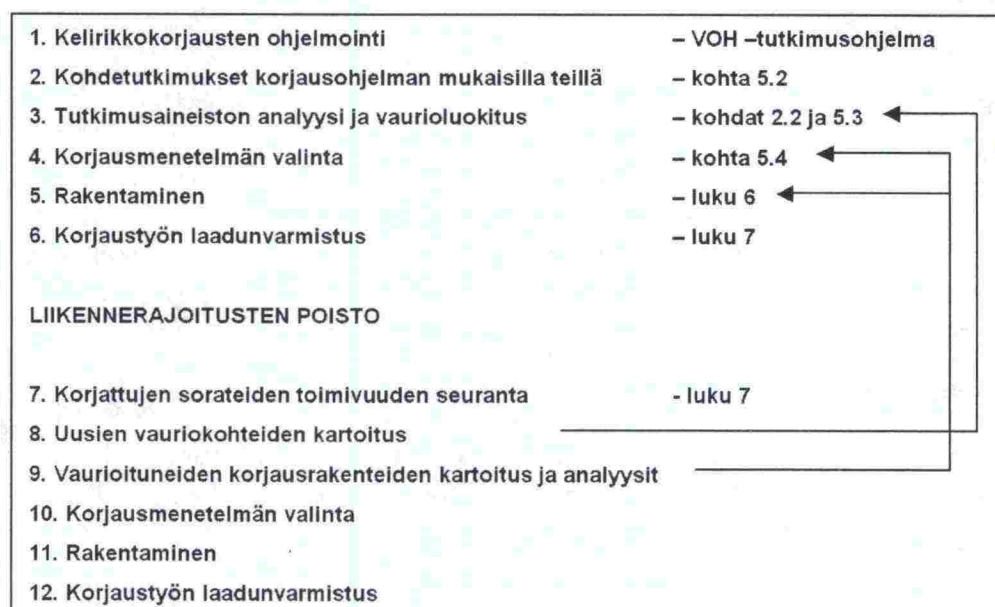
Kulutuskerroksen karkeutusta voidaan käyttää ensisijaisena korjausmenetelmänä kohteissa, joissa esiintynyt pintakelirikko liittyy paksuun ja runsaasti hienoainesta sisältävään kulutuskerrokseen. Tällöin vanhaan kulutuskerrokseen sekoitetaan uutta ja karkeampaa materiaalia ennakoon tehtyjen suhteutusten mukaisesti. Kulutuskerroksen karkeutuksen osalta on kuitenkin huomioitava, että se toimii vain pintakelirikon korjauksessa.

Routaeristeet voisivat tarjota käyttökelpoisen korjausmenetelmän kosteissa ja sivukaltevissa kohteissa, jolloin ne rajoittaisivat roudan etenemistä tien alla. Tällöin pohjavesi pääsisi virtaamaan vapaasti tien alla ja roudan patovaikutus ei aiheuttaisi jäälinssien muodostumista ja sen seurauksena epätasaista routanousua (Saarenketo et al. 2002). Korkeasta hinnastaan huolimatta routaeristeitä voidaan pitää kilpailukykyisenä korjausvaihtoehtona siinä tapauksessa, että vaihtoehtona on kallion louhinta.

Synteettisiä geovahvisteita on kokeiltu kantavuus- ja kelirikko-ongelmista kärsivien sorateiden kunnostamiseen sekä 1990 –luvulla "Sorasteiden kelirikkovaurioiden korjaaminen" -kehitysprojektin että vuosille 2002-2005 ajoittuvan "S14, Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito" – tutkimusohjelman osaprojektissa 2.8 Tuotantotekniikat ja koerakentaminen. Projektien yhteydessä saaduista myönteisistä kokemuksista huolimatta geovahvisteiden käyttö kelirikkokorjausten yhteydessä on ollut varsin vähäistä. Tämän raportin kirjoittamisen hetkellä S14 –tutkimusohjelman yhteydessä tehtyjen koerakenteiden toimivuuden seuranta on vielä kesken.

4 KELIRIKON KORJAAMISPROSESSI

Pistemäisiä kelirikkokorjauksia toteutettaessa päädytään hyvin usein tilanteeseen, jossa juuri korjatulle tielle syntyy uusia vauriokohtia korjauksia seuranneen liikennerajoitusten poistamisen myötä. Tämän vuoksi kelirikkokorjaukset sekä niiden suunnittelu tuleekin vastaisuudessa ymmärtää kuvan 4.1 mukaiseksi 2-4 vuotta kestäväksi itseään parantavaksi prosessiksi, joka ei pääty vielä korjausrakenteen toteuttamiseen ja toteutuneen rakenteen laadun varmistamiseen. Näiden lisäksi tulee sekä toteutettuja rakenteita että muun tien kuntoa seurata suunnitelmallisesti ja mahdollisesti syntyvät uudet vauriokohdat korjata seuraavina vuosina. Tällaisella 2-4 vuotta kestävällä korjausmenettelyllä astutaan askel tien kokonaisvaltaisemman parantamisen suuntaan.



Kuva 4.1. Kelirikon korjaamisprosessin periaate.

Kuvan 4.1 mukaisen 2-4 vuotta kestävän korjaamisprosessin aikana kertaalleen tieltä kerätty tutkimusaineisto voidaan hyödyntää kelirikkokorjausten jälkeen vertailuaineistona tien kunnon seurannassa ja uusia korjauksia toteutettaessa. Siten tutkimustieto palvelee kelirikkokorjausten suunnittelua useita vuosia.

Tulevaisuudessa, kun kelirikkokohteista ja -korjauksista kerätyn tutkimusaineiston ja seurantatiedon määrä kasvaa, paranee myös kelirikkoisten sorateiden kestävyys ennustettavuus. Tällöin korjaussuunnittelu voidaan niin haluttaessa ulottaa jo vaurioituneiden kohteiden lisäksi myös sellaisille heikoille kohteille, joihin aiemman kokemuksen perusteella voidaan ennakoida syntyvän vaurioita liikennerajoitusten poistamisen seurauksena. Lisäksi korjattujen sorateiden seurannalla saadaan arvokasta tietoa eri korjausmenetelmien kestoikästä ja soveltuvuudesta eri vaurioluokkiin kuuluvan kelirikon korjaamiseen.

5 TUTKIMUKSET JA SUUNNITTELU

5.1 Yleistä

Sorateiden peruskorjauksiin tullaan lähitulevaisuudessa käyttämään lähes 16 milj.€ vuodessa (Tiehallinnon toiminta- ja taloussuunnitelman 2005-2008). Näinkin suuren määrärahan sijoittaminen soratieverkolle ilman tutkimuksia ja suunnittelua sisältää huomattavan kustannusriskin. Kelirikosta kärsivien sorateiden tutkimuksien ja kelirikkokorjausten suunnittelun avulla voidaan täsmällisemmin määrittää kulloinkin tarvittavat toimenpiteet tuotevaatimuksineen. Systemaattisella ja järjestelmällisellä korjausmenettelyllä päädytään ennen pitkää elinkaarikustannustensa kannalta optimaalisimpien korjausmenetelmien toteuttamiseen ja sitä kautta tienpitäjän ylläpitokustannusten pienenemiseen.

Kohdassa 5.2 esitellään vähäliikenteisille sorateille soveltuvia tutkimusmenetelmiä sekä niiden avulla saatavia tietoja. Kerätyn tiedon perusteella tunnistetaan tiellä esiintyvät ongelmakohdat sekä kohdat, joita ei saada kuntoon ns. perusrakennetta käyttäen. Kuvattujen tutkimusmenetelmien perusteella tunnistetut ongelmalliset tieosuudet vaativat kohdan 5.3.1 mukaista yksityiskohtaisempaa analyysiä ja suunnittelua, jossa ongelmien syyt tunnistetaan analysoimalla integroidusti eri tutkimusmenetelmillä saatuja tietoja. Kullekin vauriokohdalle soveltuvan korjausmenetelmän valinta kuvataan kohdassa 5.3.2.

Liitteessä 1 on esitetty ns. perustutkimuspaketti ja toimintamalli kelirikkoisen soratien tutkimiseksi ja korjaussuunnitelman laatimiseksi. Toimintamallissa tutkimukset on ajoitettu tehtäväksi siten, että niiden perusteella kerätty tieto parhaiten kuvaisi kelirikon syntyyn vaikuttavia ominaisuuksia. Liitteen 1 mukaista tutkimuspakettia suositellaan käytettävän kelirikkokorjauksia edeltävien tutkimusten 'minimitasona'.

5.2 Kelirikon korjaamista edeltävät tutkimukset

5.2.1 Yleistä

Ennen kelirikkokorjauksiin ryhtymistä on ensiarvoisen tärkeää kerätä riittävästi luotettavaa tietoa olemassaolevasta tiestä, sitä käyttävästä liikenteestä, tien kunnosta ja rakenteista sekä alueen geologista ja kuivatusteknisistä ominaisuuksista. Toisaalta vähäliikenteisillä teillä tulee varoa toteuttamasta liian järeitä tutkimuksia, jolloin korjaamisen kustannustehokkuus kärsii. Vähäliikenteisiä sorateita koskevien tutkimusten osalta on kuitenkin huomioitava, että niihin tehty investointi ei ole kertainvestointi vaan luvussa 4 kuvatun mukaisesti kertaalleen tieltä kerätty tutkimustieto palvelee kelirikkokorjausten suunnittelua useita vuosia. Lisäksi ilman olemassaolevaa tutkimus- ja seurantatietoa ei voida oppia tunnistamaan olosuhteita, joissa kelirikko-ongelma puhkeaa liikennerajoitusten poistamisen jälkeen. Kaikkien tässä yhteydessä esiteltujen tutkimusmenetelmien samanaikainen käyttö ei ole aina

kustannustehokasta, vaan esitetyistä tutkimusmenetelmistä tulee tapauskohtaisesti koota kullekin kohteelle parhaiten soveltuva tutkimuspaketti.

Kaikki tutkimustieto on ensiarvoisen tärkeää kerätä siten, että tiedon todellinen sijainti (koordinaatit) on tiedossa. Mikäli kelirikkoinventointien ja muiden tiellä tehtävien mittausten tai tutkimusten yhteydessä havaitaan puutteita tierekisteritiedoissa, tulisi niihin puuttua välittömästi. Tierekisterin ylläpitäjällä tulisi olla valmiudet nopeaan reagointiin ja tarkistusmittauksiin, sillä virheelliseen paikkatietoon sidottua inventointi- ja/tai tutkimustietoa ei pidä käyttää suunnittelun ja rakentamisen lähtöaineistona.

5.2.2 Maatutkaluotaus, GPR

Maatutkaluotaus on tien pintaa rikkomaton sähkömagneettinen tekniikka, jolla tien rakenteista ja pohjamaan yläosasta saadaan jatkuva profiili. Maatutkaluotauksessa väliaineeseen lähetetään sähkömagneettinen pulssi, jonka energiasta osa heijastuu sähköisiltä rajapinnoilta. Osa pulssin energiasta etenee rajapinnan läpi ja heijastuu vasta seuraavilta rajapinnoilta. Heijastuksia aiheuttavia pintoja ovat esimerkiksi eri rakennemateriaalien rajapinnat sekä pohjamaan kosteuserot. Maatutkamittauksessa mitataan heijastusten kulkemiseen kuluva aika ja amplitudi. Rakenteiden paksuudet voidaan tulkita esityksestä, jossa amplitudi esitetään kulkuajan funktiona.

Maatutkasignaalin tunkeutumisvyvyteen voidaan vaikuttaa mittaustaaajuudella. Matalataajuisten antennien signaali tunkeutuu syvemmälle tierakenteeseen, mutta niiden mittausresoluutio on heikompi. Tämän vuoksi tien rakennetta mitattaessa käytetään yleensä kahta eritaajuista antennia. Sorateillä tien kulutuskerroksen ja kantavan kerroksen maatutkaluotauksessa suositellaan käytettäväksi 1,0 – 2,2 GHz ilmavasteantenneja, joiden syvyysulottuvuus on noin 0,5 - 1 m ja muun tierakenteen sekä pohjamaan ominaisuuksien maatutkaluotauksessa matalataajuisempia, syvyysulottuvuudeltaan noin 4 m olevia, 400 – 500 MHz maavasteantenneja. Näin saadaan riittävän tarkka kuva sekä tierakenteen yläosasta että syvemmällä olevista rakenteista. Kuvassa 5.1 on esimerkki maatutkaluotauskalustosta.



Kuva 5.1. Roadscanners Oy:n mittausauto, jonka keulaan on kiinnitetty 1 GHz ilmapasteantenni etummaisena ja 500 MHz maavasteantenni taaempana.

Maatutkaluotauksen avulla saadaan tietoa tien nykyisestä rakenteesta; rakennekerrosten paksuudesta ja sekoittuneisuudesta. Maatutka-aineiston perusteella voidaan lisäksi tehdä karkea arvio pohjamaan maalajista. Talvella tehtävän maatutkaluotauksen perusteella saadaan tietoa jäälinssistä ja routarajan syvyyden vaihteluista sekä erityisesti turve- ja kalliokohteet voidaan paikantaa tarkasti. Kesällä tehtävän maatutkaluotauksen avulla voidaan tarkastella tien kulutuskerroksen paksuutta. Samassa yhteydessä voidaan tehdä tarvittaessa kulutuskerrosanalyysi, jonka perusteella kulutuskerroksen koostumus suunnitellaan tiejaksoittain: metsäiset osuudet, alavat osuudet jne. Lisäksi voidaan tehdä tien poikkileikkausluotauksia mikäli halutaan tietoa rakenteiden vaihtelusta tien poikkileikkaussuunnassa. Rakenteiden paksuusmittauksissa maatutkamenetelmän tarkkuuteen vaikuttaa referenssikairausten saatavuus. Ilman kairaustietoja tarkkuus on yleensä noin 10 % rakennekerroksen paksuudesta.

Maatutkamittausten tekemisessä ja aineiston tulkinnessa on noudatettava Tiehallinnon menetelmäkuvausta: "Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa" (2004).

5.2.3 GPS ja digitaalivideokuvaus

GPS (Global Positioning System) –tekniikka perustuu maapalloa kiertäviin satelliitteihin, joiden kiertorata ja asema avaruuskoordinaatistossa tunnetaan. GPS –mittauksen tarkkuus riippuu käytetystä mittausmenetelmästä.

Sorateiltä kerätyn tutkimusaineiston paikantamiseen käytetään yleisesti differentiaalista satelliittipaikannusta (DGPS, Differential GPS), jossa tavallisen satelliittipaikannuksen tarkkuutta on voitu parantaa paikallisten mittausasemien tuottamien korjaustietojen reaaliaikaisella välityksellä. Menetelmällä päästään hyvissä olosuhteissa noin 2 metrin tarkkuuteen (Rainio 2003). Korjaustiedot välitetään radioteitse paikallisesti linkkimastojen avulla mm. yleisradiotaajuuksia (Suomessa Digitan maksullinen Fokus-

palvelu) tai merenkulun radiotaajuuksia käyttäen (tyypillisesti eri maiden merenkulkulaitosten maksuttomia palveluja) (Rainio 2003).

Yleensä DGPS –järjestelmä on varsin riittävä vähäliikenteisiltä sorateiltä kerättävän tutkimustiedon paikantamiseen. Tapauksissa, joissa tien tasausviivan XYZ –tieto halutaan määrittää tarkasti, voidaan käyttää esimerkiksi GPS/INS –järjestelmää (GPS –inertiaalijärjestelmä), jossa GPS –tiedon lisäksi kerätään kiihtyvyyssantureiden avulla ajoneuvon inertiaalitietoa. Tarkka XYZ –tieto määritetään GPS- ja inertiaalikomponenttien perusteella jälkilaskentana. GPS/INS –järjestelmällä päästään senttimetritarkkuuteen, joskin menetelmä on sikäli vaativa ja kallis että se tulee vain erittäin harvoin kyseeseen kelirikkokorjausten yhteydessä.

Digitaalivideokuvauksen yhteydessä tutkittava kohde kuvataan digitaalivideokameralla, joka on sijoitettu muita mittauksia tekevään ajoneuvoon, yleensä maatutkaluotausajoneuvoon. Mittauksen aikana kuvaaja sanelee nauhalle tekemiään havaintoja. Videolta voidaan myöhemmin tarkistaa esimerkiksi tielinjan maaston muotoja ja kuivatusolosuhteita. Videokuvauksesta saadaan eniten tietoa kuvaamalla valoisaan ja lumettomaan aikaan.

Digitaalivideokuvaus on tyypillisesti tehty käyttäen yhtä digitaalivideokameraa, mutta myös kahden digitaalivideokameran käyttäminen on mahdollista. Tällöin toinen kamera voidaan suunnata kuvaamaan ajolinjan suuntaan ja toinen esimerkiksi tien sivuojaan kuivatuksen kunnon dokumentoimiseksi. Kelirikkokorjausten tietotarpeisiin kuvatuista digitaalivideoista voidaan lisäksi tehdä esimerkiksi teiden kunnossapitoa palvelevia still –kuvajonoja. Tieltä kuvattava digitaalivideo on tärkeä sitoa luotettavasti paikkatietoon esimerkiksi kuvan 5.2 mukaisella DGPS-laitteistolla.



Kuva 5.2. Digitaalivideokamera ja DGPS – laitteisto asennettuna mittausauton katolle.

Korjattavan tien videointi on suositeltavaa tehdä samanaikaisesti maatutkaluotauksen kanssa. Tämän lisäksi tien digitaalivideokuvausta kannattaa harkita kevään pahimpaan kelirikkoaikaan tehtävän maastokäynnin yhteydessä.

5.2.4 Maastokäynti

Maastokäynnin yhteydessä tarkastetaan tien kuivatusolosuhteet (rummut, sivuojat, laskuojat), paikallistetaan tien reunakantavuuden kannalta ongelmallisimmat kohteet ja tarkastetaan muun aineiston perusteella ennakkoon laadittu toimenpide-ehdotus. Maastokäynti on suositeltavaa tehdä kevätkelirikon vaikeimpaan aikaan, jolloin maastossa on eniten vettä liikkeellä ja kuivatus- ja kantavuuspuutteet voidaan todeta helposti. Maastokäynnin yhteydessä voidaan lisäksi tehdä digitaalivideokuvaus ja tien poikkileikkauksen leveyden mittauksia. Mikäli Tiehallinnon keskitetysti tekemät sorateiden leveysmittaukset ohjelmoidaan tulevaisuudessa urakoiden suunnitteluvaihetta palveleviksi, voidaan maastokäynnin yhteydessä tehtävistä leveyden mittauksista luopua.

Kuivatuksen kunnan tarkastamisen osalta suositellaan käytettäväksi Tiehallinnon S14 –tutkimusohjelman julkaisua ”Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen” tuloksia.

5.2.5 Tiehallinnon kelirikon inventointitiedot

Sorateilla esiintyvä kelirikko inventoidaan visuaalisesti Tiehallinnon tilaamana joka kevät pahimpaan kelirikkoaikaan ajoittuvan maastokäynnin perusteella. Inventointi tehdään silmämääräisesti käyttäen paikantamiseen DGPS –laitetta. Kelirikkoinventointitietoja ylläpidetään Tiehallinnon soratierekisterissä (T&M Sora). Tyypillisesti kelirikkoinventointiaineisto koostuu muutamien kymmenien metrien pituisista vauriokohdista tierekisteriosoitteineen. Sorateiden kelirikon inventoinnissa sovelletaan Tiehallinnon Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen (1996) mukaisia vaurioluokkia 1-3. Lisäksi vuonna 2004 perustettuun vaurioluokkaan 4 inventoidaan erittäin lievä kelirikko.

Tällä hetkellä kelirikkoisilla sorateilla esiintyvät reunakantavuusongelmat inventoidaan siten, että kohteen kelirikkoinventointitiedon lisätiedot -kohdassa ilmoitetaan, että kyseessä on reunakantavuusongelma. Inventointitieto ei siten ota kantaa pelkän reunakantavuusongelman vaikeusasteeseen eikä siihen, onko kohteella inventoitu pelkkiä reunakantavuusongelmia vai niiden lisäksi myös muita kelirikkovaurioita. Kelirikkoinventointien yhteydessä tehtävä reunakantavuusongelmien erillinen inventointi tuottaisikin nykyistä täsmällisempää tietoa niiden korjaussuunnitteluun.

Tiehallinnon kelirikon inventointitietojen perusteella voidaan helposti paikallistaa kevätkelirikon kannalta heikoimmat tieosuudet, joihin voidaan edelleen kohdentaa tarkemmat mittaukset ja tutkimukset.

5.2.6 Pudotuspainolaitemittaus, PP

Pudotuspainolaite (kuva 5.3) on dynaaminen kantavuuden mittalaite, jolla määritetään tien pinnan kimmoinen taipuma. Koetilanteessa tierakennetta kuormitetaan kuormituslevyn avulla ja samalla mitataan rakenteeseen kohdistuva voima ja sen aiheuttama tien pinnan painuma, josta yleisesti käytetään myös termiä taipuma. (Spoof ja Petäjä 2000, Tielaitoksen

selvityksiä 23/1999) Taipuma mitataan sekä kuormituslevyn alla (0 mm) että usealla eri etäisyydellä (200, 300, 450, 600, 900 ja 1200 mm) kuormituslevystä (taipumasuppilo).



Kuva 5.3. Tieliikelaitoksen pudotuspainolaitemittauskalusto (Aho 2004).

Taipumasuppilon perusteella voidaan takaisinlaskentaohjelmia käyttäen laskea tien rakennekerrosten muodonmuutosmoduulit. Lisäksi taipumasuppilon muodon perusteella voidaan tehdä päätelmiä tien rakennekerrosten ja pohjamaan kunnosta. Lähellä kuormituslevyä mitatut taipumat kuvaavat päällysrakenteen yläosan ominaisuuksia ja taipumat etäällä kuormituslevystä alusrakenteen laatua (Tielaitoksen selvityksiä 23/1999). Mitattujen taipumasuppiloiden perusteella voidaan myös laskea erilaisia taipumasuppiloparametreja, joita käytetään kuvaamaan tien eri rakennekerrosten kuntoa. Tyypillisimmin käytetyt parametrit on esitetty taulukossa 5.1 ja raja-arvot niiden suuruusluokan arvioimiseksi taulukossa 5.2.

Taulukko 5.1. Pudotuspainolaitteella mitatusta taipumasuppilosta laskettavat parametrit.

Nimi	Merkintä	Yksikkö	Käyttötarkoitus
Surface Curvature Index, SCI	$d_0 - d_{200}$	μm	Kuvaa päällysrakenteen yläosan kuntoa
Base Curvature Index, BCI	$d_{900} - d_{1200}$	μm	Kuvaa päällysrakenteen alaosan kerrosten / pohjamaan kuntoa

d_0 taipuma kuormituslevyn alla

d_{200} taipuma 200 mm etäisyydellä kuormituslevystä

d_{900} taipuma 900 mm etäisyydellä kuormituslevystä

d_{1200} taipuma 1200 mm etäisyydellä kuormituslevystä

SCI -luvun osalta on huomioitava, että myös 300 mm etäisyydellä kuormituslevystä mitattua taipumaa on käytetty mainitun parametrin laskentaan ($d_0 - d_{300}$). Seuraavassa esitetyt luokitukset on kuitenkin määritetty 200 mm etäisyydellä kuormituslevystä mitatun taipuman perusteella lasketun SCI -luvun mukaan.

Taulukko 5.2. Tierakenteen kantavuuden arviointi pudotuspainolaitteen mittaustuloksista laskettujen parametrien avulla.

Luokka	SCI (d_0-d_{200}) [μm]	BCI ($d_{900}-d_{1200}$) [μm]
0. Riittävä	< 400	< 50
1. Puutteellinen	400 – 800	50 – 100
2. Huono	800 – 1200	100 – 200
3. Erittäin huono	> 1200	> 200

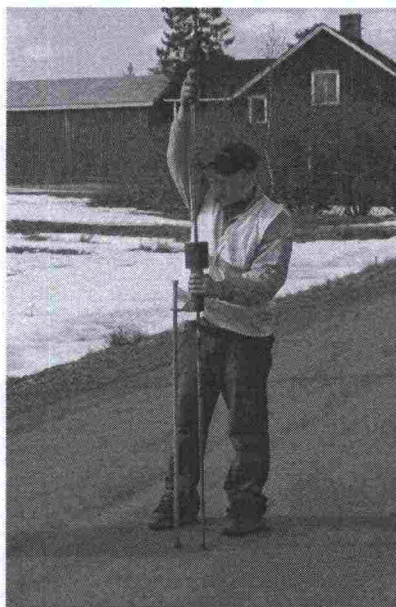
Lisäksi pudotuspainolaitteen uloimman geofonin taipuma-arvoja (d_{1200}) voidaan käyttää pohjamaan laadun arvioimiseen ja siten maatutkatulkinnan perusteella tehtävän pohjamaa-arvion varmistamiseen. Pudotuspainolaitteen mittaustuloksia hyödynnettäessä on kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi kuivakuorikerros sekä lähellä tien pintaa olevat kivet saattavat vääristää mittaustuloksia. Siten mittaustulosten perusteella tehtävien päätelmien luotettavuuden arviointi jää viimekädessä tulosten analysoijan vastuulle.

Kantavuusmittausten tekemistä on vältettävä kesän kuivimpaan aikaan, sillä kuivina kesäkuukausina kelirikkokohteiden kantavuudet saattavat olla todella hyviä, eikä niiden siten voida katsoa edustavan kohteen tilaa kevään sulamisaikaan. Suositeltavampana mittausajankohtana voidaan pitää loppukesää ja alkusyksyä (elo-syyskuu), jolloin mittaustulokset ovat toistettavampia.

Pudotuspainolaitemittaukset suositellaan tehtäväksi noin 10 – 50 m välein Tiehallinnon kelirikon inventointitietojen perusteella ongelmalliseksi todetuissa tienkohdissa. Mikäli halutaan verrata tien ominaisuuksia poikkileikkauksen eri kohdissa, voidaan mittaukset tehdä samassa poikkileikkauksessa kummaltakin kaistalta. Mittauslinjan etäisyyden tien reunasta on kuitenkin oltava vähintään 1 m.

5.2.7 Dynamic Cone Penetrometer, DCP

DCP –laite (kuva 5.4) on toimintaperiaatteeltaan yksinkertainen tien kantavuuden ja rakennekerrosten paksuuden arvioimiseen soveltuva laite. Mittaustilanteessa DCP –laitteen paino nostetaan manuaalisesti ja pudotetaan alasimelle. Yhtä tai useampaa iskua vastaava kärjen tunkeuma (DPI = the DCP Penetration Index, [mm/isku]) kirjataan mittauspöytäkirjaan. Mittaus lopetetaan kun laite on tunkeutunut maahan maksimisyvyyteensä, kun haluttu syvyys on saavutettu tai kun kymmenen peräkkäisen iskun tunkeuma on pienempi kuin 3 mm/isku. Mittauksen jälkeen laite nostetaan ylös kärjen jäädessä maahan.



Kuva 5.4. *Dynamic Cone Penetrometer eli DCP –laite. (Saarenketo ja Aho 2005)*

Kun kärkikartion tunkeuma (DPI) esitetään syvyyden suhteen, voidaan määrittää rakenteen suhteellinen vastus eri syvyydellä tien pinnasta, jolloin DCP –laitteen mittaustuloksia voidaan käyttää esimerkiksi tien rakennekerrosten rajapintojen tai routarajan määrittämiseen. Maailmalla on tehty useita tutkimuksia, joiden perusteella on määritetty muunnoksia DCP –laitteen mittaustulosten ja maan muodonmuutosominaisuuksia kuvaavien parametrien välille. Muunnoksia käytettäessä on kuitenkin aina otettava huomioon ne olosuhteet, joissa ne soveltuvat käytettäväksi.

DCP –laitetta on käytetty laajalti muun muassa Yhdysvalloissa (Minnesota Department of Transportation, Mn/DOT) ja Norjassa. Suomessa laitetta on käytetty tietyistä vasta muutamien tutkimusten yhteydessä (Saarenketo ja Aho 2005, Aho 2004). Laitteen laajamittaisempi käyttö edellyttäisikin laajempien kokeiden tekemistä ja Suomen olosuhteisiin soveltuvien empiiristen muunnosten selvittämistä.

Vähäisten käyttökokemusten vuoksi DCP –mittausta tulee vielä pitää muita tutkimusmenetelmiä täydentävänä menetelmänä. Ilman Suomen olosuhteisiin soveltuvia muunnoksiakin DCP –mittauksella voidaan kuitenkin saada kuva tierakenteen suhteellisesta vastuksesta eri syvyydellä tai eri kohdissa poikkileikkausta. Erityisen käyttökelpoinen DCP –laite on esimerkiksi routarajan määrittämisessä ja tien sulamisen edistymisen seurannassa.

5.2.8 Näytteenotto

Näytteenotto ja näytteistä tehtävät laboratoriotutkimukset ovat muita tutkimuksia tukevia tarkistustoimenpiteitä, jotka tulevat kyseeseen etenkin silloin kun epäillään, että kohteella esiintynyt pintakelirikko liittyy kulutuskerroksen materiaaliin. Näytteenotto on välttämätön toimenpide myös siinä tapauksessa, että korjaustoimenpiteeksi suunnitellaan

kulutuskerroksen karkeutusta tai stabilointia. Näyte otetaan tutkimuksen tarkoituksesta riippuen joko soratien kulutuskerroksesta, tien muista rakennekerroksista tai pohjamaasta.

5.2.9 Tasaisuusmittaus

Tasaisuusmittauksia voidaan käyttää esimerkiksi routaheittojen paikallistamiseen. Tien pituussuuntaista tasaisuutta voidaan mitata erilaisilla kiihtyvyyssantureilla ja tasaisuuden tunnuslukuina voidaan käyttää esimerkiksi IRI – ja/tai RMS –arvoa.

IRI (International Roughness Index) on Maailmanpankin kehittämä, kansainvälinen tien pituussuuntaisen tasaisuuden tunnusluku, joka määritetään ajoneuvon korin pystysuuntaisena liikkeenä pituusyksikköä kohti (mm/m tai m/km) (Tielaitoksen selvityksiä 78/1992). Esimerkiksi 5 m matkalle määritetyn IRI –luvun avulla pystytään paikallistamaan tiessä tapahtuvat muutokset routaantuneen ja roudattoman maan aikana. Tällöin ensimmäinen mittaus toteutetaan roudan aikaan heti keväällä, kun tiet ovat pinnaltaan sulaneet ja kuivat. Toinen mittaus suoritetaan elo-syyskuussa, jolloin routa on sulanut. Tuloksia vertailemalla pystytään paikallistamaan routavauriokohdat, jolloin tarkemmat tutkimukset on helpompi keskittää kyseisille kohdille. (Tielaitoksen selvityksiä 23/1999)

RMS (Root Mean Square) on tavallinen tilastollisen poikkeaman mitta ja ISO-standardin mukaisena tunnuslukuna se ilmaisee tien tasaisuuden vaikutusta tienkäyttäjään vartaloon kohdistuvan värähtelyn muodossa (Päällystetyn tien tasaisuuden mittauksesta 2003). RMS –laskennassa kiihtyvyyssanturien avulla tuotettu pituusprofiili jaetaan eri aallonpituusväleihin, jolloin eri kokoluokkien epätasaisuudet voidaan erotella toisistaan. Myös RMS –mittauksissa eri aallonpituusvälien käyttämisellä tavoitellaan eri pituisten (ja suuruisten) epätasaisuuksien erottelemista toisistaan, jolloin saadaan yksityiskohtaisempaa tietoa epätasaisuuden sijainnista ja suuruudesta. (Lämsä ja Belt 2004)

Sorateilla tehtävien tasaisuusmittausten osalta on huomioitava, että päällystetyillä teillä yleisesti käytettävät laserprofilometrit ovat yleensä liian tarkkoja sorateilla käytettäviksi. Sorateiden tasaisuusmittaukset tehdäänkin kiihtyvyyssanturin perusteella (RMS –luku tai esimerkiksi RoadMaster –IRI).

Mikäli varsinaisia tasaisuusmittauksia pidetään liian kalliina vähäliikenteisillä sorateilla suoritettaviksi, voidaan eräänlaisena karkeana tasaisuustietona käyttää maatutkamittausten yhteydessä kerättävää ilmastiantennin heiluntatietoa. Tällöin talvella tehdyn maatutkaluotauksen aikana kerättyä antennin heiluntatietoa yhdessä digitaalivideon kanssa voidaan käyttää muun muassa routaheittojen paikantamiseen. Tämän, ns. köyhän miehen IRI:n, käyttöä puoltaa se, ettei sorateilla tehtävillä tasaisuusmittauksilla ole yleensä suuria tarkkuusvaatimuksia.

5.2.10 Aiempien korjausten tutkimus- ja toteumatieto

Mikäli korjattavana olevalla soratiella on jo aiempina vuosina toteutettu kelirikkokorjauksia ja niitä palvelevia tutkimuksia, voidaan jo olemassaolevaa

tutkimustietoa käyttää uusien vauriokohtien analysointiin. Aiempina vuosina toteutettujen kelirikkokorjausten toteumatiedot; korjausmenetelmä, korjausrakenteiden sijainti, rakennusmateriaalien laatu ja rakennepaksuudet, ovat tärkeitä lähtötietoja etenkin siinä tapauksessa, että toteutetut korjausrakenteet eivät ole kestäneet liikenteen kuormitusvaikutusta.

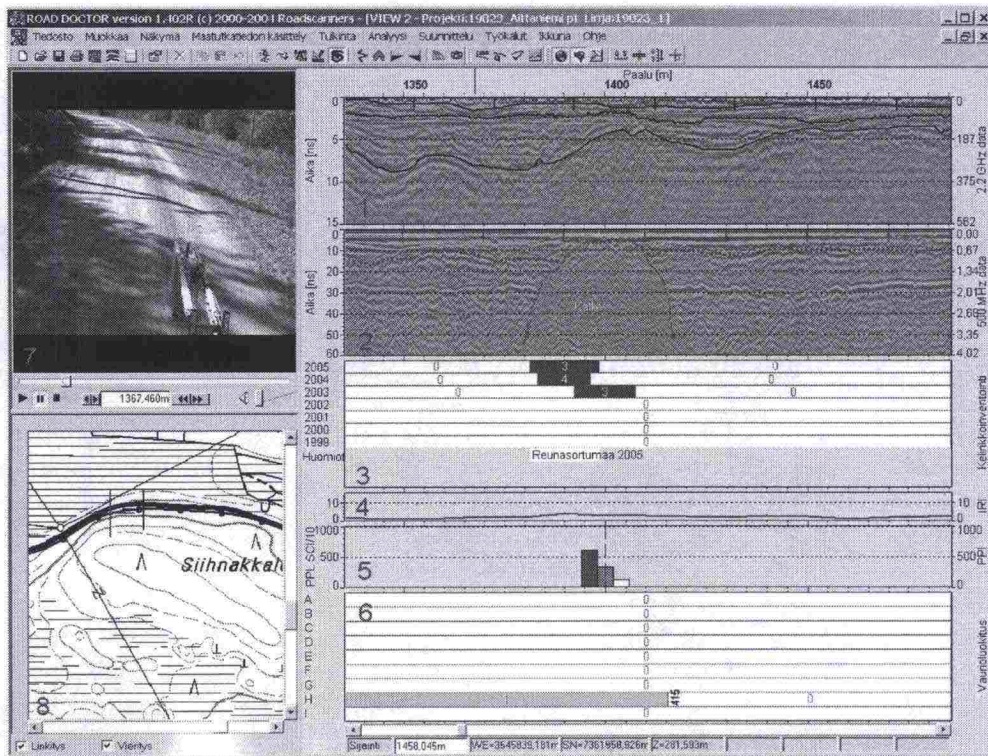
5.3 Korjaussuunnittelu

5.3.1 Tutkimusaineiston analyysi

Tien routimiseen ja kelirikkoon liittyvien ongelmien tunnistaminen ja arviointi edellyttää aina usean eri tekijän yhdistettyä analyysiä. Siten kelirikkoisen tien korjaussuunnittelun ensimmäisenä askeleena tuleekin olla edellä esitetyillä tutkimusmenetelmillä kerätyn, tarkkaan paikkatietoon sidotun ominaisuustiedon yhdistetty eli integroitu analyysi.

Kuvassa 5.5 on yksi esimerkki tutkimusaineistojen integroidusta analyysistä, jossa eri tutkimusmenetelmillä kerätty aineisto on analysoitu yhtäaikaaisesti Roadscanners Oy:n RoadDoctor -ohjelmistolla. Tässä tapauksessa tutkimusaineistona ovat olleet:

- maatutkaluotaus (aineistot 1 ja 2)
- Tiehallinnon kelirikon inventointitiedot (aineisto 3)
- kiihtyvyyssanturilla mitattuun IRI -arvoon perustuva tasaisuusmittaus (aineisto 4)
- pudotuspainolaitteella tehty kantavuusmittaus (aineisto 5)
- DGPS-mittaus ja digitaalivideo (aineisto 7)
- sekä alueen peruskartta (aineisto 8).



Kuva 5.5. Esimerkki usean eri tutkimusaineiston integroidusta analyysistä.

Tutkimusaineiston integroidun analyysin perusajatuksena on, että tien routimiseen ja kelirikkoon liittyvät ongelmat ja päätelmät voidaan todentaa usealla eri tutkimusmenetelmällä. Kuvan 5.5 aineistosta tehtyjen havaintojen (maatutka-aineisto, kantavuusmittaukset) perusteella voidaan todeta, että kelirikko-ongelmista kärsivät tieosuudet sijaitsevat kappaleessa 2.2.2 kuvatun mukaisesti kohteessa, jossa kallio on lähellä tien pintaa (vaurioluokka H). Kappaleessa 2.2.3 esitetyn mukaisesti kohteella esiintyneen kelirikon merkittävyys määritetään Tiehallinnon kelirikkoinventointitietojen perusteella luokkaan lievä (luokka I). Siten korjaussuunnittelua jatketaan edelleen siltä pohjalta, että kelirikko-osuus on vaurioluokitukseltaan H.I (vrt taulukko 2.3).

Tutkimusaineiston analyysin lopputuloksena kelirikko-ongelmista kärsivät tieosuudet jaetaan taulukossa 2.3 esitetyn vaurioluokituksen mukaisiin homogeenisiin jaksoihin (kuva 5.5 aineisto 6), joilla esiintyvien kelirikko-ongelmien voidaan katsoa olevan seurausta kappaleessa 2.2.2 kuvatuista pohjamaan maalajiin sekä tien ja sen ympäristön topografiaan liittyvistä tekijöistä. Näin syntyneitä vaurioluokituksia käytetään edelleen kappaleessa 5.3.2 kuvatulla tavalla kelirikkokohteelle soveltuvan korjausrakenteen valinnan perustana.

5.3.2 Korjausmenetelmän valinta

Kelirikon korjausmenetelmien soveltuvuutta eri vaurioluokituksen mukaisille kelirikkokohteille on esitelty kohdassa 3.2. Korjaussuunnittelun keskittyessä tutkimusaineiston integroituun analyysiin ja vaurioiden syiden

määrittämiseen voidaan sellaiset tieosuudet, joilla vaurioita ei ole esiintynyt jättää kokonaan korjaussuunnittelun ulkopuolelle.

Vaurioluokituksen valmistumisen jälkeen korjaussuunnittelussa keskitytään valitsemaan kullekin vaurioituneelle kohteelle sen kunto huomioonottaen riittävä korjausmenetelmä esimerkiksi liitteessä 3 esitetyn taulukon avulla. Taulukossa esitetään aluksi kullekin vaurioluokalle sen topografia ja maalaji huomioon ottaen parhaiten soveltuvat korjausmenetelmät, jonka jälkeen toteutettavan korjausrakenteen järeys määritellään kohteella esiintyneen kelirikon vaikeusasteen sekä kohteen sen hetkisen kunnon perusteella.

Suunnittelijan ammattitaitoon kuuluu tunnistaa ne erityistapaukset (esimerkiksi heikosta reunakantavuudesta, routaheitoista ja pintakelirikosta kärsivät osuudet), joissa taulukkoa ei voida soveltaa. Taulukossa ei juurikaan huomioida mahdollisia muita korjausmenetelmiä (rakenne VI), joiden soveltuvuus ja kustannustehokkuus on arvioitava tapauskohtaisesti erikseen.

5.3.3 Korjaussuunnitelman sisältö

Kun kelirikosta kärsivän soratien vauriokohdat on jaksoteltu vaurioluokkien mukaisiin homogeenisiin osuuksiin ja kullekin osuudelle on valittu soveltuva korjausmenetelmä, laaditaan tutkimus- ja suunnitteluaineistosta suunnitelma-asiakirjat, jotka voidaan tarvittaessa liittää osaksi hankkeen tarjouspyyntöasiakirjoja. Suunnitelma-asiakirjat sisältävät:

- Työkohdeluettelot ja rakennekortit
- Työkohtainen tuotevaatimus ja työselitys
- Kustannusarvio
- Mahdolliset muut asiakirjat

Näiden lisäksi tilaajalle on luovutettava hankkeen tutkimusaineisto ns. lähtötietopakettina, jota voidaan myöhemmin käyttää korjattujen sorateiden toimivuuden seurannassa. Urakkatyypistä riippuen myös lähtötietopaketti voidaan sisällyttää hankkeen tarjouspyyntöasiakirjoihin. Seuraavassa on esitetty lyhyt kuvaus korjaussuunnitelman asiakirjoista ja lähtötietopaketista:

Työkohdeluettelot ja rakennekortit

Työkohdeluetteloissa ilmoitetaan kultakin soratieltä korjattavat paaluvälit korjausmenetelmineen. Mikäli kelirikkokorjaukset paikannetaan liikkuvaan ajoneuvoon asennetun matkamittarin (trip) avulla, sisältävät korjauskohteiden paikalleen mitatut sijainnit aina jonkin verran virhettä esimerkiksi ajolinjojen vaihteluiden seurauksena. Tämä virhe tulisikin kattaa kelirikon korjaussuunnittelussa siten, että korjauskohteet suunnitellaan ja rakennetaan molemmista päistään noin 10 m inventoitua vauriokohtaa pidemmäksi.

Käytettävät korjausmenetelmät kuvataan liitteen 2 mukaisissa rakennekorteissa ja tarvittaessa Työkohtaisessa tuotevaatimuksessa ja työselityksessä.

Työkohtainen tuotevaatimus ja työselitys

Työkohtaisessa tuotevaatimuksessa ja työselityksessä täsmennetään tarvittaessa yleisiä tuotevaatimuksia ja työselityksiä. Asiakirjassa kuvataan tien rakenteen yleiset vaatimukset ja urakkatyypistä riippuen esitetään esimerkiksi mahdolliset rakenteelliset minimiratkaisut, jotka pitää täyttää. Myös tien poikkileikkauksen hallintaan voidaan ottaa kantaa.

Työkohtaisessa tuotevaatimuksessa kuvataan tilaajan määrittelemät valmiin tuotteen vaatimukset rakentamisen jälkeen ja mahdollisen takuuajan jälkeen. Tuotevaatimuksissa määritellään rakennusmateriaalien vaatimukset sekä tien ympäristöä, varusteita ja laitteita koskevat vaatimukset. Myös tien kuivatusjärjestelmää koskevat vaatimukset voidaan sisällyttää työkohtaiseen tuotevaatimukseen ja työselitykseen mikäli erillistä kuivatussuunnitelmaa ei ole laadittu. Tuotevaatimusten lisäksi määritellään myös urakoitsijalta edellytettävä laadunosoitusmenettely sekä mahdolliset arvovähennykset.

Kustannusarvio

Myös suunnittelijan laatima kustannusarvio sisältyy korjaussuunnitelma-aineistoon. Kustannusarvion tarkoituksena on tuottaa tilaajalle tietoa tulevista kunnossapitokustannuksista. Kustannusarviota ei sisällytetä tarjouspyyntöasiakirjoihin.

Mahdolliset muut asiakirjat

Korjaussuunnitelmaan sisällytettäviä mahdollisia muita asiakirjoja ovat esimerkiksi kartat ja pituusprofiilit, joita ei yleensä kelirikkokorjausten yhteydessä laadita. Ne saattavat kuitenkin tulla kyseeseen mikäli korjauskohteet vaativat tien tasauksen suunnittelun. Mahdollisia muita asiakirjoja voivat olla myös korjattavilta sorateiltä laaditut kuivatussuunnitelmat. Kuivatussuunnitelman sisältöä on kuvattu Tiehallinnon S14 –tutkimusohjelman julkaisussa ”Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen”.

Lähtötietopaketti

Suunnittelija kokoaa korjausohjelman mukaisilta sorateiltä kerätystä tutkimusaineistosta ns. lähtötietopaketin, joka luovutetaan tilaajalle. Tapauksesta riippuen lähtötietopaketti voi sisältää esimerkiksi seuraavat tiedot:

- kaikki korjaussuunnittelua varten kerätty tutkimustieto, joka on linkitetty siten, että niiden yhtäaikainen katselu on mahdollista
- tutkimustiedon perusteella tehty kelirikkokohteiden vaurioluokitus
- vaurioluokituksen perusteella valittu korjausmenetelmä
- kelirikkokorjausten suunnitelma-asiakirjat.

Tiehallinnon ehankinta –järjestelmää varten lähtötietopaketti tulee luovuttaa pääsääntöisesti RDA –projektina siten, että kaikki tutkimus- ja suunnitelmatieto on sidottuna niiden yhtäaikaisen tarkastelun mahdollistavalla tavalla. Tutkimusten raportoinnin ja tulosten luovutusformaatin osalta tulee noudattaa Tiehallinnon menetelmäkuvausta: ”Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja

tulosten esitystapa". RDA -projektina luovutettu lähtötietopaketti tukee suoraan Tiehallinnon ehankintaa.

Korjaussuunnittelun yhteydessä luovutettua lähtötietopakettia tulee myöhemmin päivittää korjausten toteutuma- ja laadunvarmistustietojen osalta. Tieltä kerätyn mittaustiedon lisäksi myös digitaalimuodossa olevat laboratoriotutkimusten, kuten rakeisuusanalyysien dokumentit tulee sitoa lähtötietopaketin projektipuuhun. Lähtötietopakettia voidaan myöhemmin käyttää myös korjattujen sorateiden toimivuuden seurannassa mahdollisten uusien vauriokohteiden kartoituksessa sekä vaurioituneiden korjausrakenteiden kartoituksessa ja analyyseissä.

6 KORJAUSTEN TOTEUTUS

6.1 Yleistä

Edellä luvussa 4 todetun mukaisesti pistemäisiä kelirikkokorjauksia toteutettaessa päädytään hyvin usein tilanteeseen, jossa juuri korjatulle tielle syntyy uusia vauriokohtia korjauksia seuranneen liikennerajoitusten poistamisen myötä. Tämän välttämiseksi tulisi kelirikon korjaamisessa pyrkiä 2-4 vuotta kestävä korjaamisprosessin lisäksi parantamaan tien kuntoa kokonaisuutena. Tämä tarkoittaa, että kelirikkokorjausten yhteydessä tiellä tehtäisiin kuivatuksen parantamiseen liittyviä toimenpiteitä sekä muita tien hoito- ja kunnossapitotoimenpiteitä myös muilla kuin kelirikosta kärsivillä tieosuuksilla.

Kelirikon korjaustyöt tulisi pääsääntöisesti toteuttaa kesällä, jolloin tierakenne on riittävän kuiva ja kantava kestääkseen raskaiden korjausajoneuvojen liikennöinnin. Myöhemmin syksyllä soratien runko saattaa runsaiden sateiden vaikutuksesta sisältää paljon vettä, jolloin sen kantavuus on normaalia alhaisempi. Tällöin tehtäviin korjauksiin liittyy aina riski tien vaurioitumisesta korjauksen aikana ja siksi tien kuntoa on tarkkailtava korjaustöiden aikana ja tarvittaessa työt tai tietyt työosat on keskeytettävä, mikäli tierakenne ei kestä korjaustöistä aiheutuvaa liikennettä.

Kelirikkokorjauksia ei suositella tehtäväksi talvella, jolloin kulutuskerroksen rakentaminen jouduttaisiin jättämään seuraavaan kevääseen. Jäätynneen maan aikaan tielle ajatut kerrokset painuvat keväällä roudan sulaessa epätasaisesti haitaten tienkäyttäjien liikennöintiä. Epätasaisesti painuneiden rakenteiden vaikutusaika on pitkä sillä rakenteita ei voida tasata heti roudan sulamisen jälkeen, jolloin tierakenteen ja pohjamaan kantavuus on yleensä alhaisimmillaan.

Korjaustöistä aiheutuvaa vaurioitumisriskiä voidaan pienentää työvaiheiden oikealla toteutusjärjestyksellä ja -ajankohdalla. Korjaustöiden aikana tietä voidaan 'säästää' välttämällä maksimikuormilla ajamista ja huomioimalla tierakenteiden vaatima palautumisaika aina kuormituksen jälkeen. Seuraavassa kelirikkokorjausten työvaiheet on esitelty siinä järjestyksessä, jossa ne suositellaan toteutettavaksi.

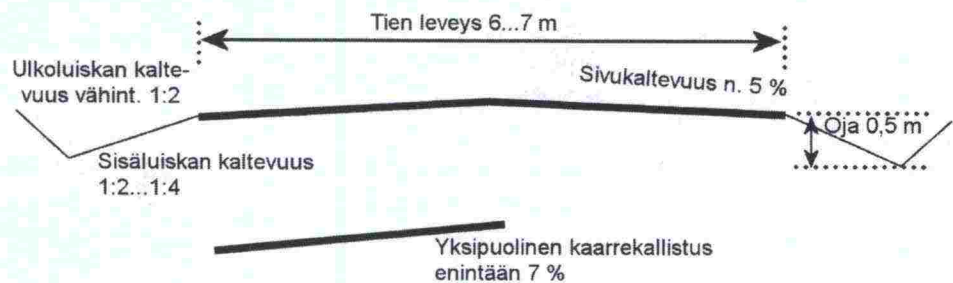
6.2 Kuivatuksen parantaminen

Kuivatuksen parantaminen (mm. sivu- ja laskuojien perkaus ja kaivu, päätie- ja liittymärumpujen korjaus / uusiminen / rakentaminen) on suositeltavaa tehdä ensimmäisenä työvaiheena kelirikkokorjauksiin ryhdyttäessä, jotta tierunko ehtii kuivua ennen varsinaisten kelirikkokorjausten tekemistä. Lisäksi kuivatuksen parantamiseen ja tien poikkileikkauksen hallintaan mahdollisesti liittyvät ojien siirtotyöt ja tierungon kavennukset ovat helpompia tehdä ennen muun korjaustyön aloittamista. Ihannetapauksessa kuivatuksen parantaminen tehtäisiin jo kelirikkokorjauksia edeltävänä kesänä niin aikaisin, että ojaluisikat ehtivät ruohottua.

Kuivatuksen parantamisen toteutuksen osalta suositellaan käytettäväksi Tiehallinnon S14 –tutkimusohjelman julkaisua "Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen".

6.3 Tien poikkileikkauksen hallinta

Kuvassa 6.1 on esitetty Tielaitoksen julkaisun (1995): "Sorateiden hoito ja kunnostus" mukainen soratien ohjeellinen poikkileikkausmuoto, johon ojasyvyys on päivitetty Tiehallinnon Kunnossapidon tuotekorttien 14.1.2005 mukaiseksi. Tien poikkileikkausmuodolla on merkitystä ajomukavuuteen, liikenneturvallisuuteen, tien rakenteen toimivuuteen ja kunnossapitokustannusten suuruuteen.



Kuva 6.1. Soratien poikkileikkausmuoto. (muokattu Sorateiden hoito ja kunnostus 1995)

Poikkileikkauksen kunnostustarve riippuu lähinnä tien kantavuusolosuhteista (Sorateiden hoito ja kunnostus 1995). Hyvin kantavilla pohjamailla tien poikkileikkauksen muoto muuttuu yleensä hitaasti kun taas kelirikkokohteille on tyypillistä, että tien poikkileikkaus muuttuu tierakenteen ja pohjamaan deformaatioiden seurauksena. Poikkileikkauksen levenemisen seurauksena kelirikkokohteiden rakennekerrokset ovat usein tien reunoilla hyvin ohuet ja pohjaa lähes pinnassa. Reunoilla olevien ohuiden rakennekerrosten vuoksi niiden kantavuusongelmia ei saada poistettua mikäli tierakenne korjataan leventyneeseen poikkileikkausleveyteen. Levenneillä tienkohdilla myös sivukaltevuuksien säilyttäminen on vaikeaa, jolloin tien kunnossapitotarve kasvaa. Lisäksi leventynyt poikkileikkaus edistää reunapalteen syntymistä. Tämän vuoksi tie suositellaankin kavennettavan kelirikkokorjausten yhteydessä sellaisissa kohteissa, joissa sivuttaissiirtymiä on tapahtunut. Poikkileikkauksen kaventamisen avulla tasataan myös tien rakennekerrosten paksuusvaihteluja ja siten vaikutetaan niistä aiheutuvaan tien epätasaiseen routimiseen.

Tien poikkileikkauksen hallinnan osalta on kuitenkin huomioitava, ettei tietä pidä kaventaa yhtäkkisesti paremman reunakantavuuden saavuttamiseksi vaan tien geometriaa on hallittava kokonaisuutena siten, että myös ajomukavuus ja liikenneturvallisuus tulee huomioitua. Lisäksi, mikäli tien poikkileikkauksen leveyttä ei ole mahdollista muuttaa paremman reunakantavuuden saavuttamiseksi, on tien reunojen vahvistaminen (kohta 3.2) ainoa mahdollinen toimenpide reunojen kantavuusongelmien poistamiseksi.

6.4 Kulutuskerroksen poisto ja pohjamaan homogenisointi

Kelirikon korjaustyöt aloitetaan poistamalla tien nykyinen kulutuskerrosmurske vähintään 50-150 mm syvyydelle saakka. Vanha kulutuskerrosmurske on poistettava myös korjausrakenteen siirtymäkiilojen kohdalta. Vanhaa kulutuskerrosmateriaalia ei pidä jättää tierakenteeseen sillä se on vettäpidättävää materiaalia. Poistettua kulutuskerrosmursketta voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön.

Vanhan kulutuskerroksen poistamisen jälkeen tarkastetaan, että kaivutaso on homogeeninen eli kaivupohja on tasalaatuinen. Jos se ei ole ja esimerkiksi pohjamaa pursuaa tien keskeltä, on pohjamaa homogenisoitava vähintään 300 mm syvyydelle kaivutason alapinnasta. Homogenisointi voidaan suorittaa joko sekoitusjyrsimellä tai kaivinkoneeseen kuvan 6.2 mukaisesti asennetulla piikkiharalla niin, että rakenteesta tulee poikkisuunnassa tasalaatuinen. Homogenisoinnin yhteydessä esiin tulleet suuret kivet ja lohkareet poistetaan ja kuljetetaan läjitysalueille. Suurten kivien ja lohkareiden poistaminen lisää korjauksen kestoikää ja tasalaatuisempi pohjamaa ei aiheuta epätasaista routanousua tien pinnassa. Pohjamaan homogenisoinnin jälkeen tiepohja muotoillaan oikeaan sivukaltevuuteen ja tiivistetään. Homogenisointia ei suositella tehtäväksi erittäin heikosti kantavan pohjamaan alueella.



Kuva 6.2. Pohjamaan homogenisointi kaivinkoneeseen asennetun piikkiharan avulla. (T. Ruohomäki)

Homogenisoinnin jälkeen on tierakenteen tiivistäminen tehtävä mieluiten täryjyrällä, erityistä huolellisuutta noudattaen ja riittävän leveältä alueelta. Jyrällä tehtävän tiivistyksen on todettu parantavan selkeästi etenkin tien reunojen kantavuutta, jolloin korjausrakenteiden reunasortumat vähenevät. Lisäksi riittämättömästi tiivistetty pohjamaa voi painua epätasaisesti murskekerroksen rakentamisen yhteydessä. Jyräyksellä ei kuitenkaan saada toivottua lopputulosta mikäli hiljalleen leventyneen tien poikkileikkaus korjataan kohdassa 6.3 kuvatun mukaisesti nykyiseen leveyteensä. Mikäli tien rakennekerrokset ovat reunoissa erittäin ohuet, ei rakennetta saada tiivistettyä edes jyräämällä.

Etenkin homogenisoinnin osalta on erittäin tärkeää, ettei toteutusajankohta ole kohdassa 6.1 mainitun mukaisesti myöhään syksyllä tai muutoin

sateiseen aikaan, jolloin pohjamaa on altis häiriintymiselle. Siinä tapauksessa että pohjamaa todetaan homogenisoinnin yhteydessä häiriintymisherkäksi tulee työvaihe keskeyttää ja korvata pelkällä tien pintaan nousseiden maakivien poistolla.

6.5 Kerrosten rakennustyö

Suodatinkankaan asennus

Kelirikkokorjausten osalta varsinainen uusien kerrosten rakennustyö koostuu yleensä suodatinkankaan asennuksesta ja kantavan/jakavan sekä kulutuskerroksen rakennustyöstä. Muotoillulle pohjalle asennettava suodatinkangas levitetään Tielaitoksen julkaisun: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitys, Penger- ja kerrosrakenteet" mukaan yleensä täyttöön nähden poikittain ja limitetään vähintään 500 mm toistensa päälle. Suodatinkangasta ei asenneta siirtymäkiilojen kohdalle.

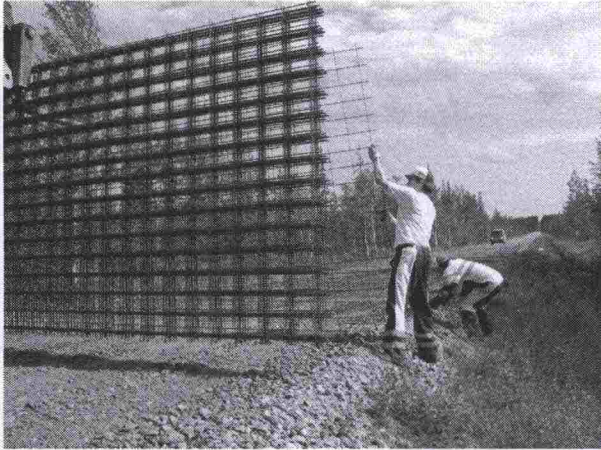
Rakennekerrokset

Suodatinkankaan päälle tiivistetään valitun korjausmenetelmän mukaiset rakennekerrokset. Kerrosten tiivistystyössä olisi suositeltavaa käyttää kohdassa 6.4 esitetyn mukaisesti täryjyriä. Kantavan/jakavan kerroksen murskeet saavat olla ajettuna tielle ilman kulutuskerrosta enintään kahden viikon ajan (Kunnossapidon tuotekortit 14.1.2005), jonka jälkeen niiden päälle tiivistetään 100 mm kulutuskerrosmursketta.

Uudessa kulutuskerroksessa voidaan käyttää vanhan kulutuskerroksen materiaalia enintään 50 % ja se tulee sekoittaa uuden kulutuskerrosmurskeen kanssa. Vanhan kulutuskerrosmateriaalin hyödyntäminen tulee kuitenkin perustua tutkittuun tietoon. Mikäli vanhan ja uuden kulutuskerrosmateriaalin suhteutusta ei voida tehdä, tulee vanhan kulutuskerrosmateriaalin käyttöä välttää. Oja- ja reunapallemateriaalin käyttöä kulutuskerroksessa ei suositella sen sisältämän humuksen vuoksi.

Teräsverkon asennus

Teräsverkkorakenteen osalta suodatinkankaan päälle tiivistetään aluksi 100 mm mursketta, jonka päälle asennetaan teräsverkko (kuva 6.4). Teräsverkko tulee asentaa liitteen 2 rakennekortin II mukaisesti ajoradan reunaan nähden siten, että verkko ylettyy ajoradan ja luiskan taitepisteestä riittävän pitkälle luiskan sisään vähintään pituuden A, joka on sama kuin teräsverkon asennussyvyys (Teräsverkkojen käyttö lujitteina tie- ja katurakenteissa 2004). Lisäksi teräsverkko on asennettava siten, että tien pituussuuntainen ohuempi sidelanka jää päälle. Teräsverkon päälle tehtävien kerrosten rakennustyö tehdään edellä esitetyn mukaisesti.



Kuva 6.3. Teräsverkon asentaminen tierakenteeseen (K. Niva).

Siirtymäkiilarakenteet

Korjausrakenteen joustava liittyminen vanhaan tierakenteeseen varmistetaan rakenteen päihin rakennettavilla siirtymäkiiloilla (päätyviisteillä). Yleensä 1:40 kaltevuuteen rakennettavilla siirtymäkiiloilla pyritään myös lieventämään uuden ja vanhan rakenteen liitoskohdassa esiintyviä routivuuseroja.

Massanvaihto

Massanvaihdon osalta siirtymäkiilat rakennetaan kaltevuuteen 1:15 kantavan kerroksen alapintaan saakka ja kantava kerros tehdään kaltevuuteen 1:40 (Liite 2, Rakennekortti IV). Massanvaihdon kaivutöissä noudatetaan yleisiä työselityksiä ja kaivumassat on pääosin kuljetettava läjitysalueille. Muutoin uusien kerrosten rakennustyö tehdään edellä esitetyn mukaisesti.

7 KORJATTUJEN SORATEIDEN LAADUNVARMISTUS JA TOIMIVUUDEN SEURANTA

7.1 Yleistä

LVR-urakoiden mukaisesti urakoitsija tulee velvoittaa osoittamaan kelirikon korjaustyön laatu käytettyjen materiaalien, rakennekerrosten tiivistyksen ja toteutuneiden kerrospaksuuksien osalta. Näiden lisäksi laadunvarmistuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota korjausrakenteiden oikeaan sijaintiin. Kulloinkin käytettävät laadunosoitusmenetelmät sekä laadunalituksista mahdollisesti määritettävät arvovähennykset tulee määritellä Työkohtaisessa tuotevaatimuksessa ja työselityksessä (kappale 5.3.3).

7.2 Korjaustyön laadunvarmistus

7.2.1 Korjausrakenteiden oikea sijainti

Koska korjausrakenteiden kohdentaminen perustuu viime kädessä Tiehallinnon kelirikon inventointitietoihin (kappale 5.2.5) tulee sekä inventointitietojen että niiden tierekisteritietojen, joihin inventoinnit kohdennetaan, oikeellisuuteen kiinnittää erityistä huomiota. Kelirikkoinventoinnit kerätään DGPS:n avulla koordinaattipohjaisena tietona, joka sovitetaan myöhemmin Tiehallinnon tierekisteritietoihin. Mikäli tierekisterin sisältämä tieosapituus kuitenkin poikkeaa todellisesta pituudesta voi seurauksena olla kelirikkokorjausten toteuttaminen virheelliseen paikkaan urakoitsijan käyttäessä kohteiden paikalleenmittaukseen tieosan todellista pituutta.

Yhtenä vaihtoehtona tieosapituuksiin sidotuille suunnitelmille voidaan harkita siirtymistä korjausrakenteiden paikantamiseen koordinaattien avulla. Tällöin sekä inventoija että muun lähtöaineiston kerääjä, suunnittelija ja urakoitsija käyttäisivät samaa paikantamistapaa, jolloin virheet tieosapituudessa eivät aiheuttaisi korjausrakenteiden toteuttamista väärään tienkohtaan.

7.2.2 Rakennusmateriaalien laatu

Mikäli kyseessä olevan urakan Työkohtaisessa tuotevaatimuksessa ja työselityksessä ei ole toisin mainittu, noudatetaan rakennusmateriaalien laadunseurannassa yleisiä laatuvaatimuksia ja työselityksiä seuraavasti:

- Kiviaineksia valmistettaessa tai hankittaessa noudatetaan kulloinkin voimassa olevia Tiehallinnon julkaisun: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Murskaustyöt" mukaisia rakeisuusohjealueita.
- Valmiiden rakennekerrosten rakeisuus ja hienoainespitoisuus (< #0,074 mm) tulee tarkastaa Tielaituksen julkaisun: "Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitys, Penger- ja kerrosrakenteet" mukaan pesuseulonnalla keskimäärin 300 m välein

ajokaistalla ellei Työkohtaisessa tuotevaatimuksessa ja työselityksessä ole toisin määritelty.

Rakennusmateriaalien laadun varmistamiseksi urakoitsijan tulee toimittaa tilaajalle käytettyjen murskeiden rakeisuuskäyrät.

7.2.3 Korjausrakenteiden toteutuneet kerrospaksuudet

Seuraavassa esitetään kaksi toteutuneiden kerrospaksuuksien laadunvarmistukseen soveltuvaa menetelmää, joiden perusteella voidaan määrittää arvonvähennyksiä tai urakoitsija voidaan velvoittaa korjaamaan alitukset.

Koemittaukset

Urakoitsija tekee kerrospaksuuksien toteamiseksi koemittauksia tiivistetyn kantavan/jakavan kerroksen päältä ennen kulutuskerrosmurskeen lisäystä. Mittauksia tehdään yksi sarja jokaista alkavaa 2 korjattavaa kilometriä kohden. Yhteen mittaussarjaan sisältyy yhteensä 5 mittausta, jotka tehdään tilaajan osoittamista pisteistä 50 metrin välein poikkileikkauksen eri kohdista (oikea ajokaista, vasen ajokaista, keskilinja, oikea ajokaista, vasen ajokaista). Lyhyillä kohteilla mittauspisteet voivat sijaita yhdellä tai useammalla (enimmillään viidellä) eri korjauskohteella. Yhden sarjan mittauksista lasketaan keskiarvo ja lisäksi lasketaan urakan kaikkien mittausten keskiarvo, joiden perusteella määritetään mahdolliset arvonvähennykset.

Koemittausten lisäksi urakoitsijan tulee ilmoittaa tilaajalle kantavan/jakavan kerroksen päälle ajamansa kulutuskerrosmurskeiden määrät. Lisäksi tilaaja voi teettää urakoitsijalla pistokoeluonteisesti kulutuskerroksen paksuuden tarkistusmittauksia määäämissään paikoissa. Jos määrän havaitaan alittuvan tulee urakoitsijan lisätä kulutuskerrosateriaalia niin, että kulutuskerroksen vaadittu paksuus (100 mm) täyttyy.

Maatutkaluotaus

Kappaleessa 5.2.2 kuvatusn maatutkaluotauksen on havaittu soveltuvan erinomaisesti toteutuneiden rakennepaksuuksien laadunhallintaan. Maatutkaluotauksen etuna on, että korjatuista soratiestä saadaan jatkuva pituusprofiili, josta kohteiden sijainti ja toteutuneet kerrospaksuudet voidaan määrittää. Maatutkalla tehtävä laadunvarmistusluotaus voidaan tehdä joko koemittausten tapaan kantavan/jakavan kerroksen päältä tai suoraan valmiin rakenteen päältä. Alitusten vaivaton korjaaminen puoltaa kantavan/jakavan kerroksen päältä tehtävää laadunvarmistusluotausta.

7.3 Korjattujen sorateiden toimivuuden seuranta

Korjattujen sorateiden toimivuuden seuranta on tärkeä osa luvussa 4 kuvattua kelirikon korjaamisprosessia. Tilaaja tarvitsee seurantatietoa arvioidakseen urakan aikana tapahtuneita muutoksia ja toisaalta urakoitsija tarkat lähtötiedot jo tarjousvaiheessa.

Tulevaisuudessa, kun kerätyn seuranta-aineiston määrä kasvaa, paranee myös korjattujen sorateiden kestävyiden ennustettavuus ja siten korjaussuunnittelu voidaan ulottaa myös sellaisille kohteille, joissa vaurioita ei vielä näy, mutta joihin niitä voidaan ennakoida syntyvän liikennerajoitusten poistamisesta seurauksena. Toteutettujen korjausrakenteiden toimivuuden seurannalla saadaan myös täsmällisempää tietoa niiden soveltuvuudesta erilaisille kelirikon tyyppikohteille.

Jotta järjestelmällinen seuranta olisi mahdollista, tulee toteutettujen korjausrakenteiden tarkat tierekisteriosoitteet ja rakennetiedot kirjata suunnitelmallisesti Tiehallinnon tierekisteriin. Tällä tavalla päivitetty tierekisteri luo perustan korjausrakenteiden ja korjattujen sorateiden kestävyiden vuosittaiselle seurannalle. Toteumatietojen järjestelmällinen kirjaus on edellytyksenä tehtyjen toimenpiteiden vaikutusten analysoinnille.

Edellä kuvatusta kelirikon korjauskohteiden ja -rakenteiden tarkasta kirjaamistavasta ei ole kuitenkaan hyötyä, mikäli kirjattavat toteumatiedot eivät ole riittävän luotettavia. Tämä asettaa osaltaan vaatimuksia kohdassa 7.2 kuvatulle korjaustyön laadunvarmistukselle.

8 KORJAUSTEN TEETTÄMINEN

8.1 Yleistä

Tienpidon hankintastrategia (2003) puoltaa muiden pienten korvausinvestointien ohessa myös kelirikkokorjausten sisällyttämistä entistä laajempiin ja pitkäkestoisempiin kunnossapidon alueurakoihin, jotka mahdollistaisivat myös urakoitsijoiden omien innovaatioiden hyödyntämisen. Tämän lisäksi halutut palvelutasovaikutukset pyrittäisiin saamaan aikaan käyttämällä urakoissa lopputuotteille asetettuja kuntovaatimuksia.

Periaatteessa hankintastrategia mahdollistaa kelirikkokorjausten toteuttamisen myös kunnossapidon erillisurakoina, mutta viime vuosina saatujen kokemusten mukaan alueurakoiden yhteydessä kilpailuttaminen näyttäisi olevan tilaajalle edullisempi hankintamuoto. Kelirikkokorjausten sisällyttämistä kunnossapidon alueurakoihin puoltaa myös se tosiasia, että tällöin tiellä ei olisi useampia kuin yksi toimija, jolloin myös tien kunnan kokonaisuuden hallinta on helpompi järjestää.

Sekä kelirikkokorjausten sisällyttäminen kunnossapidon alueurakoihin että alueurakoiden toimivuuspohjainen urakointi edellyttää nykytilan täsmällisempää tuntemista. Tilaaja tarvitsee tietoja urakan alku- ja lopputilanteesta arvioidakseen urakan aikana tapahtuneita muutoksia ja toisaalta seuraava urakoitsija tarkat lähtötiedot jo tarjousvaiheessa. Myös kunnossapidon alueurakan yksikköhintaisista töistä luopuminen edellyttää soratieverkon nykytilan tarkempaa tuntemusta.

8.2 Kelirikkokorjausten ohjelmointi- ja suunnitteluvastuun jakaminen

Kelirikkokorjausten ohjelmointi- ja suunnitteluvastuun jakamisen suhteen korjausten toteuttamiseen käytettävät urakkatyypit voidaan jakaa esimerkiksi seuraavalla tavalla:

1. Tilaaja määrää korjauskohteet, -rakenteet ja ajankohdan. Urakoitsija toteuttaa ja osoittaa työnsä laadun. Ei takuuaikaa.
2. Tilaaja määrää korjauskohteet ja rakennevaihtoehdot, joista minimivaihtoehto on toteutettava. Urakoitsija valitsee ja toteuttaa rakenteet ja osoittaa työnsä laadun. Korjatuilla kohteilla takuuaika. Takuuajana liikennerajoituksia ei sallita asetettavan kertaalleen korjattujen kohteiden hajoamisen estämiseksi.
3. Tilaaja antaa urakoitsijalle lähtöaineiston ja antaa tiestölle toiminnalliset laatuvaatimukset (esim. 1-3 luokan kelirikkoo ja suuria routaheittoja ei sallita). Urakoitsija korjaa kohteet omalla aikataulullaan ja riskillään. Korjatuilla kohteilla takuuaika. Takuuajana liikennerajoituksia ei sallita asetettavan kertaalleen korjattujen kohteiden hajoamisen estämiseksi.

Seuraavassa on tarkasteltu yksityiskohtaisemmin edellä esiteltyihin urakkatyyppeihin liittyviä piirteitä.

Urakkatyyppi 1

Kelirikkokorjausten ohjelmointi- ja suunnitteluvastuu on tilaajalla, mikä helpottaa tilaajan kustannushallintaa. Laadunosoittaminen on erityisen tärkeässä asemassa siksi, että korjausrakenteiden hajotessa urakoitsijan työvirheet voidaan sulkea ongelman aiheuttajan ulkopuolelle, jolloin riski rakenteiden kestävydestä jää viime kädessä tilaajalle. Luvussa 4 esitetyn kelirikon korjaamisprosessin päätoimija on tilaaja.

Liitteessä 2 esitetyt kelirikkokorjausten rakennekortit soveltuvat periaatteessa sellaisenaan liitettäväksi tarjouspyyntöasiakirjoihin. Rakennekorteissa esitettyjä vaatimuksia ja työselityksiä voidaan muuttaa tai täydentää kunkin hankkeen Työkohtaisessa tuotevaatimuksessa ja työselityksessä. Urakkatyyppi ei mahdollista urakoitsijan suunnitteluun liittyvää innovaatiotoimintaa, ellei urakoitsijalle anneta erikseen mahdollisuutta ehdottaa vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä ja materiaaleja.

Urakkatyyppi 2

Urakoitsijalle annetaan enemmän suunnitteluvastuuta ja päätäntävaltaa eri rakenneratkaisuja valittaessa. Riski toteutettujen rakenteiden kestävydestä on urakoitsijalla, jonka valitsee kullekin kelirikkokohteelle parhaiten soveltuvan rakennevaihtoehdon. Takuuajana liikennearjoituksia ei sallita asetettavaksi kertaalleen korjattujen kohteiden uudelleenahoamisen vuoksi. Tilaaja voi niin halutessaan teettää suunnitelmat kustannusarvioineen ennalta itseään varten, jolloin korjausten kustannushallinta helpottuu.

Luvussa 4 esitetyn kelirikon korjaamisprosessin päätoimijoina ovat tilaaja ja urakoitsija yhdessä. Myös tässä urakkatyyppissä urakoitsijoille voidaan antaa mahdollisuus käyttää omalla riskillään tilaajan hyväksymiä, vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä ja materiaaleja. Liitteessä 2 esitetyt kelirikkokorjausten rakennekortit soveltuvat sellaisenaan liitettäväksi tarjouspyyntöasiakirjoihin, joskin urakoitsija voi tilaajan suostumuksella poiketa esitetystä rakenteista ja työmenetelmistä.

Tyyppin 2 urakkaa sovellettiin keväällä 2005 Lapin tiepiirissä Kemijärven ja Pellon kunnossapidon alueurakoiden yhteydessä. Urakoitsijan vastuulle jäi osoittaa vuosittaisessa välikatselmuksessa minimirakennepaksuuden täyttyminen. Minimirakenteen alituksesta määrättiin arvovähennyksiä. Tarjouskilpailuun osallistuneilta urakoitsijoilta kerätyn palautteen mukaan takuuajaa ja arvovähennyksiä pidettiin hyvinä, sillä ne pakottavat urakoitsijan miettimään tarkoin valitsemansa rakennevaihtoehdot. Toisaalta menetelmää pidettiin myös liian raskaana lyhyen kilpailuttamisajan ja kelirikkokorjausten suhteellisen pienen määrän vuoksi. (Parikka 2005)

Urakkatyyppi 3

Urakka on ns. toimivuusvaatimusurakka, joka mahdollistaa urakoitsijoiden innovaatioiden hyödyntämisen kelirikkokorjausten aikataulutuksessa ja suunnittelussa. Nykyisessä toimintaympäristössä urakkatyyppin 3 soveltaminen tarkoittaisi, että haittaindeksiin sidottu tulostavoite olisi urakoitsijan hallittavana.

Luvussa 4 esitetyn kelirikon korjaamisprosessin päätoimijana on urakoitsija. Tilaaja vastaa lähtötietojen hankinnasta ja luovuttaa tarjousvaiheessa ns. lähtötietopaketin urakoitsijan käyttöön.

Lopputuotteen toimivuusvaatimuksia sovellettaessa liitteen 2 rakennekorteissa esitetyt materiaalivaatimukset ja työmenetelmät ovat vain ohjeellisia. Urakoitsija voidaan myös edellyttää hyväksyttämään käyttämänsä materiaalit ja työmenetelmät tilaajalla, jolloin tilaaja voi verrata ehdotettuja materiaaleja ja työmenetelmiä liitteen 2 rakennekorteissa esitettyihin.

Toimivuusvaatimusurakan edistyksellisimmässä muodossa urakoitsijalle voitaisiin jopa myöntää mahdollisuus päättää liikennerajoitusten asettamisesta. Tosin urakoitsijan hallintaoikeus johtaisi todennäköisesti liikennerajoitusten määrän kasvuun. Toisaalta liikennerajoitusten hallinta on varmaan tässäkin tapauksessa tehtävä yhdessä tilaajan kanssa, koska niiden merkitys esimerkiksi metsäteollisuudelle on varsin suuri.

Kaikkien edellä esiteltyjen urakkatyyppien osalta on huomioitava, että luvussa 4 esitettyä korjaamisprosessia sovellettaessa kunnossapidon alueurakoiden pitkä toteutusaikataulu vaatii varaamaan määrärahaa myös urakan aikana syntyvien uusien vauriokohtien korjaamiseen.

Urakkatyyppien yhteydessä sovellettavan takuuajan ongelmia ovat kelirikon kiistaton toteaminen ja liian lyhyt takuu aika / takuuajan jatkuminen urakka-ajan päättymisen jälkeen. Toisaalta urakoitsija voidaan esimerkiksi edellyttää tekemään kelirikkokorjaukset urakka-ajan ensimmäisinä vuosina, jolloin takuu aika ehtisi kulua umpeen ko alueurakan aikana. Raskaan liikenteen määrän muutosten ja/tai kelirikkokauden rankkuuden vaikutukset syntyvien kelirikkokohteiden määrään ja vakavuuteen jäävät urakkatyyppistä riippuen joko urakoitsijan tai tilaajan vastuulle.

Urakkatyyppistä 2 saatujen kokemusten ja tyyppistä 3 kysytyjen mielipiteiden mukaan (Parikka 2005) ainakin pienemmät, paikalliset hoitourakoitsijat kokevat, ettei heillä ole asiantuntemusta ja/tai resursseja kelirikkokorjausten ohjelmointiin ja suunnitteluun. Lisäksi yhtenä urakkatyyppiin 3 liittyvänä riskinä on päätyminen sellaiseen tilanteeseen, jossa urakoitsijat eivät varsinaisesti korjaa kelirikkokohteita, vaan hallitsevat kelirikko-ongelmia pelkästään hoito- ja kunnossapitotoimenpiteiden avulla. Pitemmällä aikavälillä tämä johtaisi eittämättä ylläpitokustannusten kasvuun.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Aho S. (2004). Sorateiden kelirikkokorjausten toimivuus ja elinkaarikustannukset. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere.
- Kunnossapidon tuotekortit 14.1.2005. Tiehallinto.
- Lämsä V. P. ja Belt J. (2004). Routaheittotutkimus. Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito –tutkimusohjelma. Sisäisiä julkaisuja 32/2004. Tiehallinto, Helsinki.
- Parikka K. (2005). Runkokelirikon toimivuusvaatimukset. Tiehallinto, Rovaniemi. Luonnos 18.11.2005.
- Päällystetyn tien tasaisuuden mittauksesta (2003). SCC Scandiaconsult. Helsinki.
- Rainio A. (2003). Paikannus mobiilipalveluissa ja sovelluksissa. Teknologia katsaus 143/2003. TEKES. Helsinki.
- Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa – menetelmäkuvaus. (2004). Tiehallinto. Helsinki.
- Rantanen T., Männistö V., Hätälä E. ja Talka T. (2005). SORAVOL – Oulun, Lapin ja Vaasan tiepiirien sorateiden palvelutaso. Tiehallinnon selvityksiä 39/2005. Tiehallinto, Helsinki.
- Rantanen T., Turunen J. ja Nousiainen A. (2005). Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen. Vähäliikenteisten teiden taloudellinen ylläpito. Tiehallinnon selvityksiä x/2005. Helsinki.
- Saarenketo T. ja Aho S. (2005). Managing Spring Thaw Weakening on Low Volume Roads. Roadex II report. www.roadex.org
- Saarenketo T., Lähde A., Peltoniemi H. ja Rantanen T. (2002). Vaasan sorateiden korjaussuunnittelun kehittäminen. Tutkimusraportti. Roadscanners Oy. Rovaniemi.
- Sorateiden hoito ja kunnostus (1995). Tielaitos, Tuotannon palvelukeskus, Liikenteen palvelukeskus, Kunnossapidon ohjaus. Helsinki.
- Sorateiden runkokelirikon inventointiohje (1996). Tielaitos, Keskushallinto, Tienpidon suunnittelu. Helsinki.
- Spoof H. ja Petäjä S. (28.12.2000). Pudotuspainolaitemittaus. TPPT Menetelmäkuvaus, VTT Yhdyskuntatekniikka.
- Teräsverkkojen käyttö lujitteina tie- ja katurakenteissa (2004). Innogeo Oy, Tammet.
- Toiminta- ja taloussuunnitelma 2005-2008. Tiehallinto.

Tielaitoksen selvityksiä 78/1992. PTM-auton tuottamien tunnuslukujen käyttökelpoisuus ja vertaitavuus sekä niiden yhteys laser-mittauksiin (IRI, IRI4, PI/Laser). Tiehallitus, Helsinki.

Tielaitoksen selvityksiä 2/1993 (1993). Massanvaihto. Geotekniikan informaatiojulkaisuja. Tielaitos, Helsinki.

Tielaitoksen selvityksiä 23/1999. Uudet mittaus ja tutkimusmenetelmät rakenteen parantamisen suunnittelussa (MISU-projekti). Tielaitos, Oulu.

Tielaitoksen selvitys 10/2000. Sorateiden kelirikkovaurioiden korjaaminen, Koerakenteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen ja taloudellisuus. Tielaitos.

Tienpidon hankintastrategia (2003). Tiehallinto, Helsinki.

Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Murskaustyöt (1999). Tiehallinto, Helsinki.

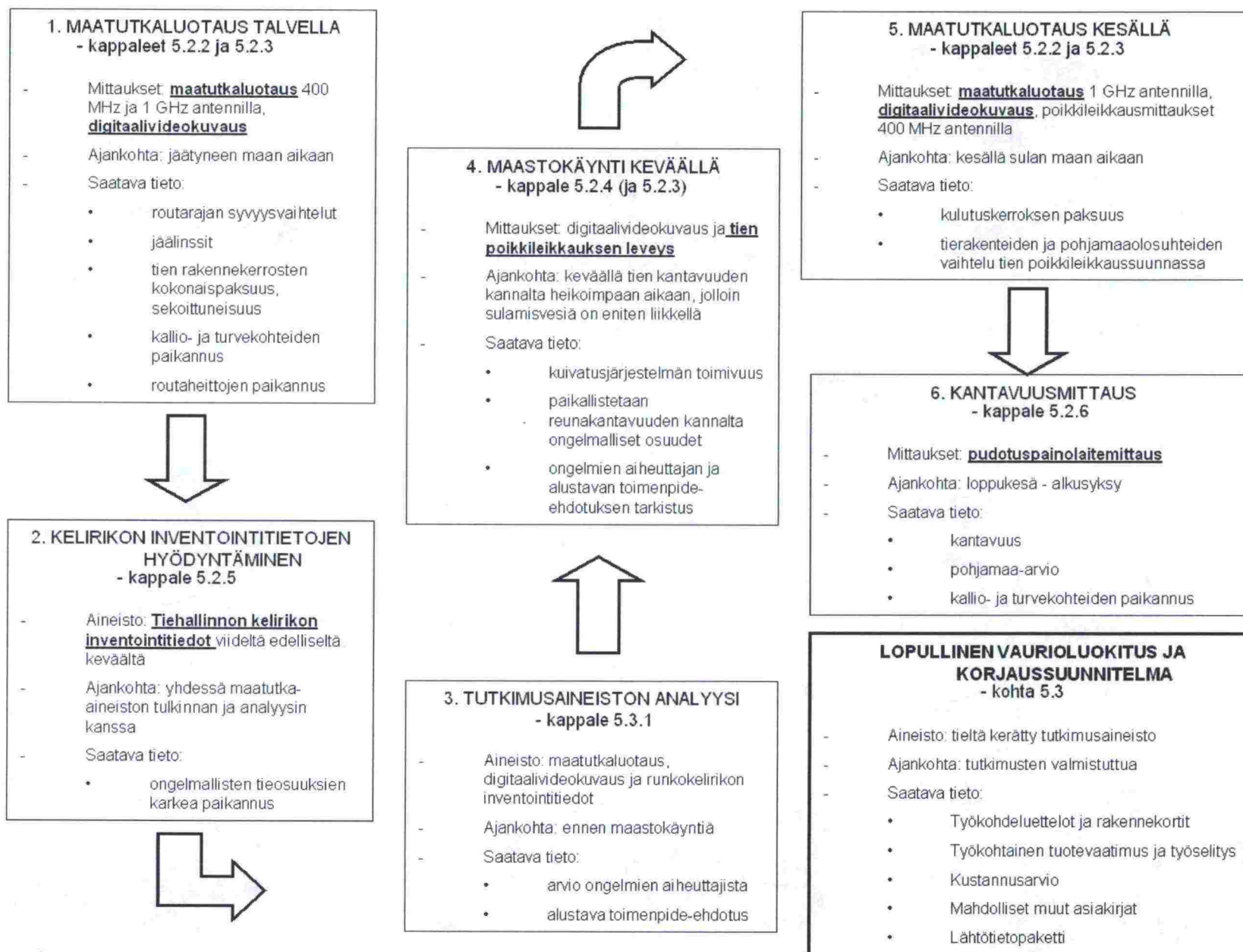
Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Penger- ja kerrosrakenteet (1994). Tielaitos, Helsinki.

Tierakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Penger- ja kerrosrakenteet, kohta 4450 Suodatinkankaat (2004). Tiehallinto, Helsinki.

LIITTEET

- Liite 1 Toimintamalli kelirikkoisen soratien tutkimiseksi ja korjaussuunnitelman laatimiseksi
- Liite 2 Kelirikon korjausmenetelmien rakennekortit
- Liite 3 Korjausrakenteiden valinta

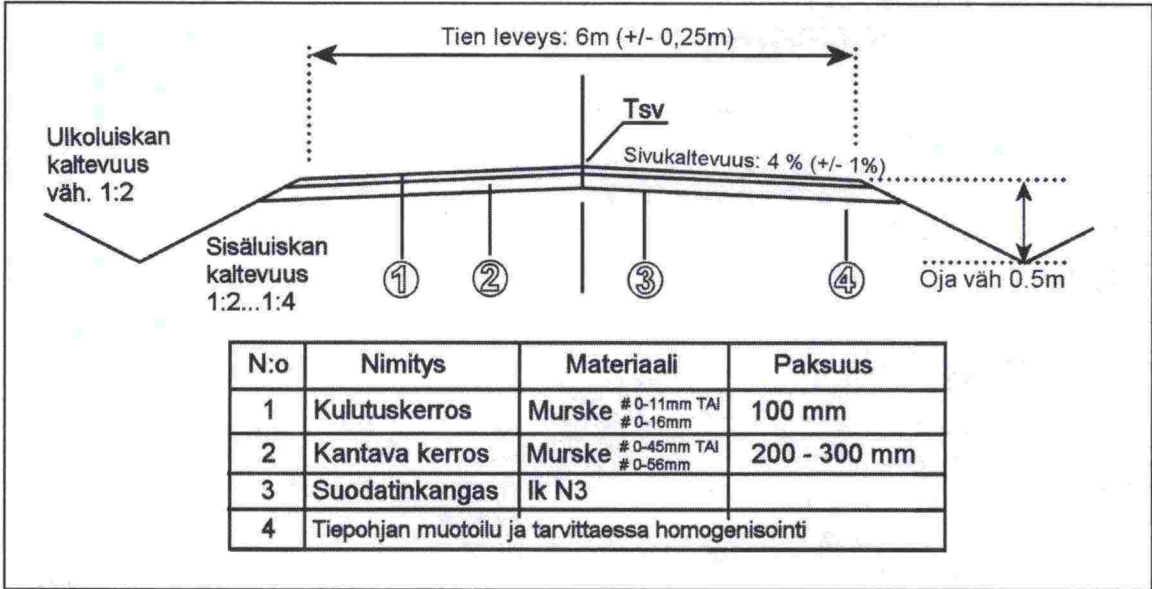
TOIMINTAMALLI KELIRIKKOISEN SORATIEEN TUTKIMISEKSI JA KORJAUSSUUNNITELMAN LAATIMISEKSI



KELIRIKON KORJAUSMENETELMIEN RAKENNEKORTIT

I. PERUSRAKENNE, PRAK	2/6
II. TERÄSVERKKORAKENNE, TV	3/6
III. TASAUKSEN NOSTO, TN	4/6
IV. MASSANVAIHTO, MV	5-6/6

RAKENNEKORTTI	
TUOTE:	Soratien kelirikkokohteiden korjaaminen
MENETELMÄ:	Rakenne IA ja IB Perusrakenne, PRAK

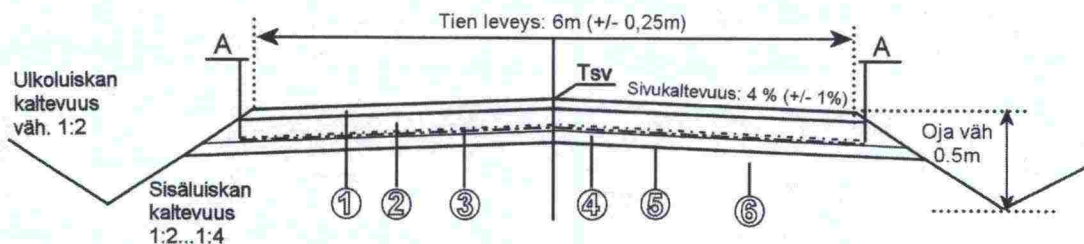


<p>TYÖMENETELMÄ:</p> <p>Kulutuskerroksen poisto ja pohjamaan homogenisointi</p> <p>Työt aloitetaan poistamalla nykyinen kulutuskerrosmurske vähintään 50 - 150 mm syvyydelle saakka. Vanha kulutuskerrosmateriaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Poistettua kulutuskerrosmursketta voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuskerroksen poistamisen jälkeen tarkistetaan, että kaivutaso on homogeeninen (kaivupohja on tasalaatuinen). Jos se ei sitä ole ja esim. pohjamaa pursuaa tien keskeltä, on rakenne homogenisoitava vähintään 300 mm syvyydelle kaivutason alapinnasta. Homogenisointi voidaan suorittaa joko sekoitusjyrsimellä tai kaivinkoneeseen asennetulla piikkiharalla niin, että rakenteesta tulee poikkisuunnassa tasalaatuinen. Homogenisoinnin yhteydessä esiin tulleet lohkareet ja suuret kivet poistetaan ja kuljetetaan läjitysalueille. Homogenisoinnin jälkeen tiepohja muotoillaan 4% sivukaltevuuteen ja tiivistetään. Tiivistystyö on tehtävä riittävän leveältä alueelta erityistä huolellisuutta noudattaen.</p> <p>Suodatinkankaan asennus, kantavan/jakavan kerroksen murske ja uusi kulutuskerros</p> <p>Muotoillulle ja tiivistetylle pohjalle asennettava suodatinkangas (Ik N3) levitetään täyttöön nähden poikittain ja limitetään saumoista vähintään 500 mm. Suodatinkankaan päälle tiivistetään 200 mm (rakenne IA) tai 300 mm (rakenne IB) kantavan kerroksen mursketta (#0-45mm tai #0-56mm). Kantavan kerroksen pinta tasataan ja tiivistetään 4% kaltevuuteen. Kantavan kerroksen päälle tiivistetään 100 mm kulutuskerrosmursketta (#0-11mm tai #0-16mm). Kulutuskerroksen pinnan sivukaltevuuden tulee olla 4%. Uudessa kulutuskerroksessa voidaan käyttää vanhan kulutuskerroksen materiaalia enintään 50% ja se tulee suhteuttaa uuden kulutuskerrosmateriaalin kanssa. Korjausrakenteen päihin rakennettavien siirtymäkiilojen kohdalle ei asenneta suodatinkangasta. Kantavan kerroksen päät tasataan 1:40 kaltevuuteen. Kulutuskerros tehdään täytenä kerroksena kantavan kerroksen päälle.</p> <p>Ennen edellä esitettyjä työvaiheita tulee kuivatuksen kunto tarkastaa. Kuivatuksen kunnan tarkastamiseen suositellaan käytettäväksi Tiehallinnon S14 –tutkimusohjelman julkaisua ”Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen”.</p>

RAKENNEKORTTI

TUOTE: Soratien kelirikkokohteiden korjaaminen

MENETELMÄ: Rakenne II
Teräsverkkorakenne, TV



N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuserkos	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 mm
3	Teräsverkko		
4	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	100 mm
5	Suodatinkangas	lk N3	
6	Tiepohjan muotoilu		

TYÖMENETELMÄ:

Nykyisen rakenteen poisto

Työt aloitetaan poistamalla nykyinen kulutuskerrosmurske vähintään 50 - 150 mm syvyydelle saakka. Vanha kulutuskerrosmateriaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Poistettua kulutuskerrosmursketta voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuskerroksen poistamisen jälkeen, mikäli kaivupohja on epätasalaatuinen, kaivetaan vanhaa materiaalia vielä 100 - 150 mm ja kuljetetaan läjitysalueille. Kaivumassoja voidaan myös käyttää luiskan täyttöihin. Kaivu suoritetaan vähintään 300 mm yli tien reunan. Tiepohja muotoillaan 4% sivukaltevuuteen ja tiivistetään. Tiivistystyö on tehtävä riittävän leveältä alueelta erityistä huolellisuutta noudattaen.

Uudet rakenteet ja teräsverkko

Kaivannon pohjalle asennetaan suodatinkangas (lk N3), jonka päälle tiivistetään 100 mm kantavan kerroksen mursketta (#0-45mm tai #0-56mm), tiivistystä ei tehdä kuitenkaan maksimitiiviyteen. Oikeaan sivukaltevuuteen (4%) muotoillun ja tiivistetyn murskeen päälle asennetaan teräsverkko. Teräsverkko tulee asentaa siten, että verkko ylettyy ajoradan ja luiskan taitepisteestä riittävän pitkälle luiskan sisään vähintään pituuden A, joka on sama kuin teräsverkon asennussyvyys. Lisäksi tien poikkisuuntainen lanka tulee jäädä alapuolelle. Teräsverkon päälle tiivistetään vielä 200 mm kantavan kerroksen mursketta (#0-45mm tai #0-56mm). Kantavan kerroksen pinta tasataan ja tiivistetään 4% kaltevuuteen. Kantavan kerroksen päälle tiivistetään 100 mm kulutuskerrosmursketta (#0-11mm tai #0-16mm). Kulutuskerroksen sivukaltevuuden tulee olla 4%. Uudessa kulutuskerroksessa voidaan käyttää vanhan kulutuskerroksen materiaalia enintään 50% ja se tulee suhteuttaa uuden kulutuskerrosmateriaalin kanssa. Korjausrakenteen päihin rakennettavien siirtymäkiilojen kohdalle ei asenneta suodatinkangasta. Kantavan kerroksen päät tasataan 1:40 kaltevuuteen. Kulutuskerros tehdään täytenä kerroksena kantavan kerroksen päälle.

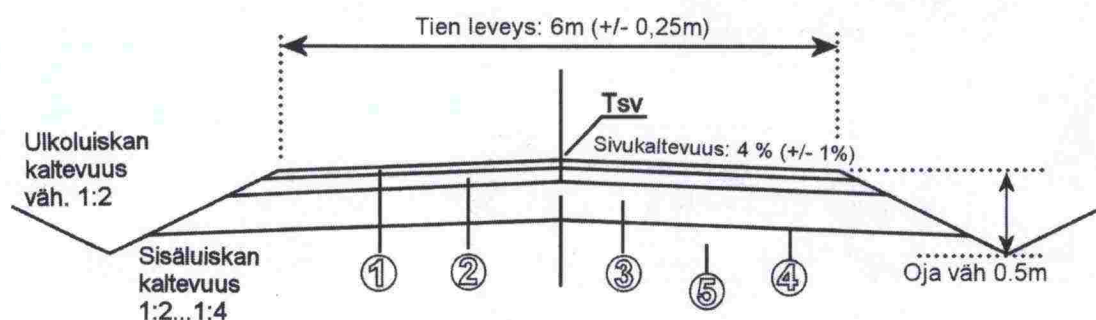
Ennen edellä esitettyjä työvaiheita tulee kuivatuksen kunto tarkastaa. Kuivatuksen kunnon tarkastamiseen suositellaan käytettäväksi Tiehallinnon S14 -tutkimusohjelman julkaisua "Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen".

RAKENNEKORTTI

TUOTE:

Soratien kelirikkokohteiden korjaaminen

MENETELMÄ:

Rakenne IIIA ja IIIB
Tasauksen nosto, TN

N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuskerros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 mm
3	Jakava kerros	Murske # 0-56mm TAI # 0-63mm	200-300 TAI >300mm
4	Suodatinkangas	lk N3	
5	Tiepohjan muotoilu ja tarvittaessa homogenisointi		

TYÖMENETELMÄ:

Nykyisen rakenteen poisto ja pohjamaan homogenisointi

Työt aloitetaan poistamalla nykyinen kulutuskerrosmurske ja tierakenteen yläosa noin 100-150 mm syvyydelle saakka. Vanha kulutuskerrosmateriaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Poistettua kulutuskerrosmursketta voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuskerroksen poistamisen jälkeen tarkistetaan, että kaivutaso on homogeeninen (kaivupohja on tasalaatuinen). Jos se ei sitä ole ja esim. pohjamaa pursuaa tien keskeltä, on rakenne homogenisoitava vähintään 300 mm syvyydelle kaivutason alapinnasta. Homogenisointi voidaan suorittaa joko sekoitusjyrsimellä tai kaivinkoneeseen asennetulla piikkiharalla niin, että rakenteesta tulee poikkisuunnassa tasalaatuinen. Homogenisoinnin yhteydessä esiin tulleet lohkaaret ja suuret kivet poistetaan ja kuljetetaan läjitysalueille. Homogenisoinnin jälkeen tiepohja muotoillaan 4% sivukaltevuteen ja tiivistetään. Tiivistystyö on tehtävä riittävän leveältä alueelta erityistä huolellisuutta noudattaen.

Uudet rakenteet

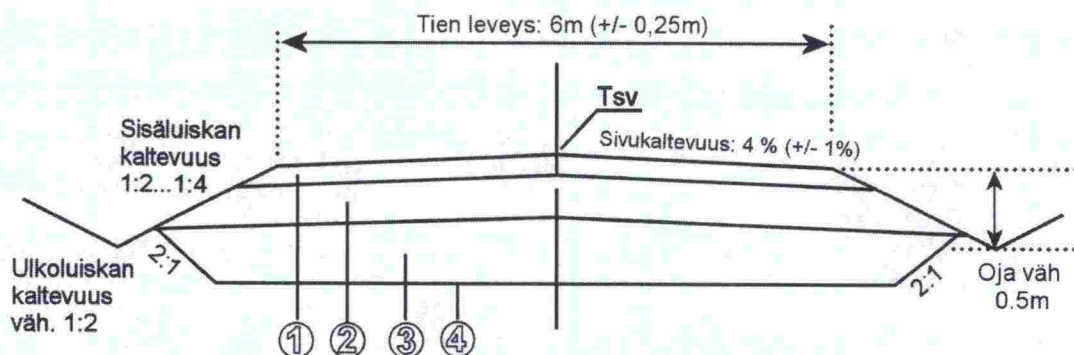
Muotoillulle ja tiivistetylle pohjalle asennettava suodatinkangas (lk N3) levitetään täyttöön nähden poikittain ja limitetään saumoista vähintään 500 mm. Suodatinkankaan päälle tiivistetään 200-300 mm (rakenne IIIA) tai > 300 mm (rakenne IIIB) jakavan kerroksen mursketta (#0-56mm tai #0-63mm) ja 200 mm kantavan kerroksen mursketta (#0-45...56mm). Jakavan ja kantavan kerroksen pinta tasataan ja tiivistetään 4% kaltevuteen. Kantavan kerroksen päälle tiivistetään 100 mm kulutuskerrosmursketta (#0-11mm tai #0-16mm). Kulutuskerroksen sivukaltevuteen tulee olla 4%. Uudessa kulutuskerroksessa voidaan käyttää vanhan kulutuskerroksen materiaalia enintään 50% ja se tulee suhteuttaa uuden kulutuskerrosmateriaalin kanssa. Korjausrakenteen päihin rakennettavien siirtymäkiilojen kohdalle ei asenneta suodatinkangasta. Kantavan kerroksen päät tasataan 1:40 kaltevuteen. Kulutuskerros tehdään täytenä kerroksena kantavan kerroksen päälle.

Ennen edellä esitettyjä työvaiheita tulee kuivatuksen kunto tarkastaa korjattavan kohteen läheisyydessä. Kuivatuksen kunnan tarkastamiseen suositellaan käytettäväksi Tiehallinnon S14 -tutkimusohjelman julkaisua "Vähäliikenteisten teiden kuivatus, ominaispiirteet ja kunnostaminen".

RAKENNEKORTTI

TUOTE: Soratien kelirikkokohteiden korjaaminen

MENETELMÄ: Rakenne IVA ja IVB
Massanvaihto (0,6 – 1m tai >1m), MV

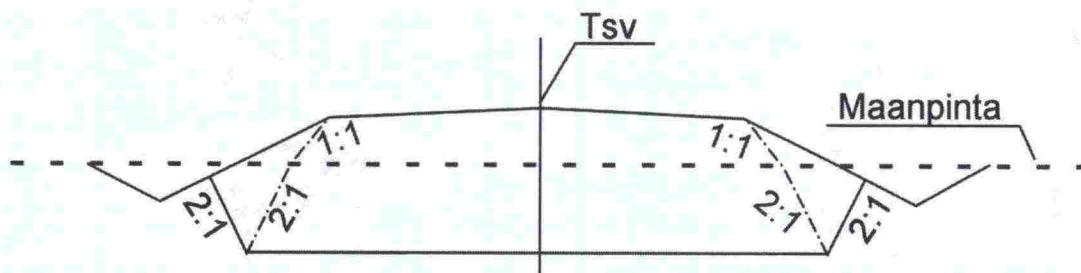


N:o	Nimitys	Materiaali	Paksuus
1	Kulutuskerros	Murske # 0-11mm TAI # 0-16mm	100 mm
2	Kantava kerros	Murske # 0-45mm TAI # 0-56mm	200 - 300 mm
3	Suodatinkerros	Hk	300-600 TAI >600mm
4	Suodatinkangas	lk N3	

TYÖMENETELMÄ:

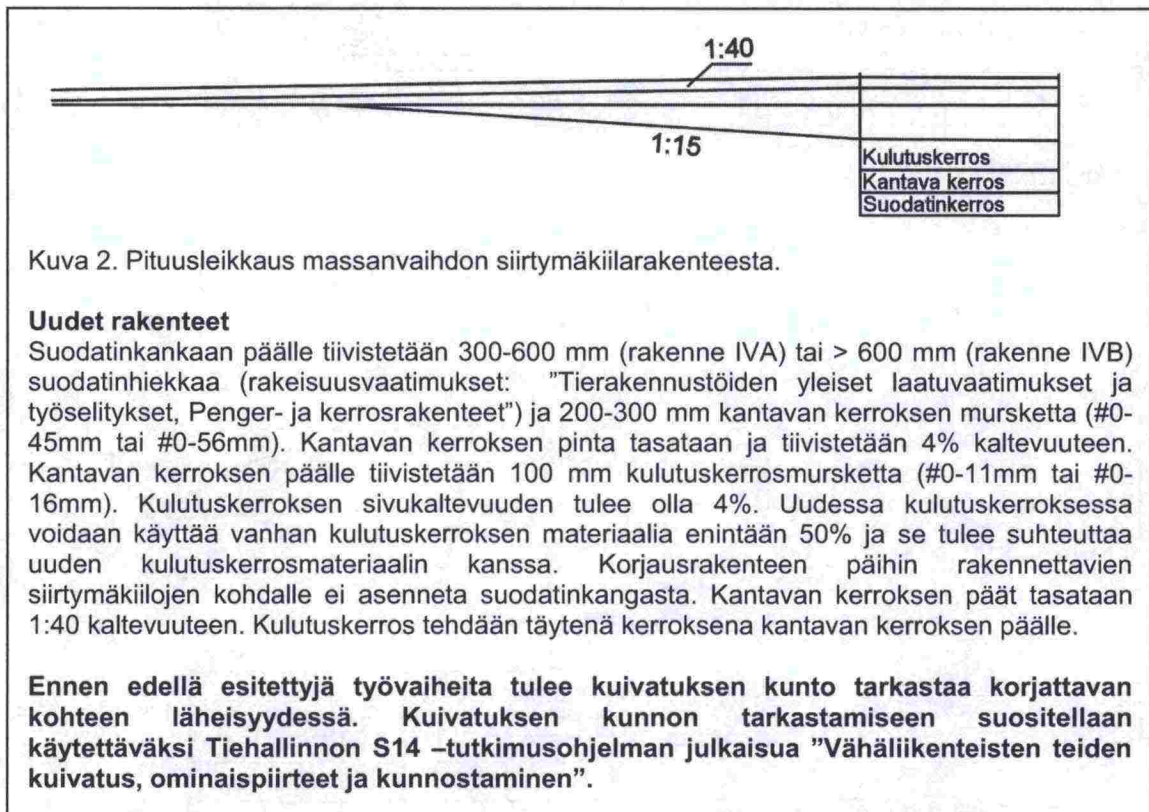
Massojen poisto, suodatinkankaan asennus ja siirtymäkiilat 1:15

Työt aloitetaan poistamalla nykyinen kulutuskerrosmurske ja tierakenteen yläosa noin 100-150 mm syvyydelle saakka. Vanha kulutuskerrosmateriaali on poistettava myös siirtymäkiilojen kohdalta. Poistettua kulutuskerrosmursketta voidaan käyttää myöhemmin uuteen kulutuskerrokseen ja luiskan täyttöön. Vanhan kulutuskerroksen poiston jälkeen tie- ja pohjamaamassat kaivetaan 600 - 900 mm (rakenne IVA) tai > 900 mm (rakenne IVB) syvyydelle ja kaivannon pohjalle asennetaan suodatinkangas (lk N3). Normaalitytapauksessa kaivannon leveys määritetään kuvan 1 mukaisesti (Tielaitoksen selvityksiä 2/1993). Kaivumassat on kuljetettava urakoitsijoiden hankkimille läjitysalueille, mutta osa massoista voidaan käyttää myös luiskien täyttöön. Kaivutyössä noudatetaan yleisiä työselityksiä.



Kuva 1. Massanvaihdon kaivannon leveyden määräytyminen.

Massanvaihdon päihin tulee rakentaa kuvan 2 mukaisesti siirtymäkiilat kaltevuuteen 1:15 kantavan kerroksen alapintaan saakka. Kantavan kerroksen päät tasataan 1:40 kaltevuuteen. Kulutuskerros tehdään täytenä kerroksena kantavan kerroksen päälle.



KORJAUSMENETELMÄN VALINTA

MAALAJI →		MOREENI			SAVI / SILTTI			TURVE	KALLIO
TOPOGRAFIA →		rinne	kosteaa ja alava maasto	kumpare	rinne	kosteaa ja alava maasto	notkelma		
		A	B	C	D	E	F	G	H
KELIRIKON MERKITTÄVYYS	LIEVÄ I	PRAK, IA + yläpuolinen kuivatus	PRAK, IA	KARKEUTUS PRAK, IA	PRAK, IA + yläpuolinen kuivatus	PRAK, IA PRAK, IB jos BCI > 200	PRAK, IA PRAK, IB jos BCI > 200	PRAK, IA PRAK, IB, jos BCI > 200	PRAK, IA
	KESKI-VAIKEA II	PRAK, IB TN, IIIA + yläpuolinen kuivatus	PRAK, IB TN, IIIA	PRAK, IB MV, IVA + vaatii tasauksen suunnittelun	PRAK, IB TN, IIIA + yläpuolinen kuivatus	PRAK, IB TV, jos BCI > 100 TN, IIIA TN, IIIA + teräs	PRAK, IB TN, IIIA TN, IIIA + teräs TV, jos BCI > 100	PRAK, IB TV, jos BCI > 200	PRAK, IB TN, IIIA TN, IIIB
	VAIKEA III	TN, IIIB MV, IVA / IVB ERISTERAK + yläpuolinen kuivatus	TN, IIIB MV, IVA / IVB ERISTERAK	MV, IVB + vaatii tasauksen suunnittelun	TN, IIIA + teräs TN, IIIB MV, IVA / IVB ERISTERAK + yläpuolinen kuivatus	TN, IIIB MV, IVA MV, IVB + teräs	TN, IIIB MV, IVA MV, IVA + teräs MV, IVB	TN, IIIA + teräs	MV, kallion pintaan (< 1m) MV, IVA MV, IVA + eriste tai louhinta MV, IVB

PRAK	PERUSRAKENNE
TV	TERÄSVERKKORAKENNE
TN	TASAUKSEN NOSTO
MV	MASSANVAIHTO
REUNAK	REUNAKANTAVUUDEN PARANTAMINEN
ERISTERAK	ROUTAERISTEEN SISÄLTÄVÄ KORJAUSRAKENNE
KARK	KULUTUSKERROKSEN KARKEUTUS

IA: rakenteen kokonaispaksuus 300 mm	IB: rakenteen kokonaispaksuus 400 mm
II: rakenteen kokonaispaksuus 400 mm + teräsverkko	
IIIA: rakenteen kokonaispaksuus 500 – 600 mm	IIIB: rakenteen kokonaispaksuus > 600 mm
IVA: rakenteen kokonaispaksuus 600 – 1000 mm	IVB: rakenteen kokonaispaksuus > 1000 mm
VI	
VI	

ISSN 1457-9871
ISBN 951-803-640-3
TIEH 3200978